

NATURALEZA

ESA BELLEZA EXÓTICA, POCO VALORADA

EDER ZAVALA



Naturaleza, esa belleza exótica poco valorada

Eder Zavala

Naturaleza, esa belleza exótica poco valorada

Eder Zavala

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



Jesús Ancer Rodríguez
Rector

Rogelio G. Garza Rivera
Secretario General

Rogelio Villarreal Elizondo
Secretario de Extensión y Cultura

Mario Cesar Salinas Carmona
Secretario de Investigación, Innovación y Posgrado

Celso José Garza Acuña
Director de Publicaciones

Padre Mier No. 909 poniente, esquina con Vallarta
Centro, Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64000
Teléfono: (5281) 8329 4111 / Fax: (5281) 8329 4095
e-mail: publicaciones@uanl.mx
Página web: www.uanl.mx/publicaciones

Naturaleza, esa belleza exótica poco valorada
Primera edición, 2013
© Universidad Autónoma de Nuevo León
© Eder Zavala

ISBN: 978-607-433-992-5

Reservados todos los derechos conforme a la ley.
Prohibida la reproducción total y parcial de este texto sin previa autorización por escrito del editor

Impreso en Monterrey, México
Printed in Monterrey, Mexico

Índice

| | |
|---|----|
| Presentación de la colección | 9 |
| Introducción | 13 |
| Capítulo I. Curiosidad por una belleza exótica | 27 |
| Capítulo II. El lenguaje de la naturaleza | 37 |
| Capítulo III. La belleza está en los ojos de quien mira | 65 |
| Acerca del Autor | 87 |

Presentación

Dr. Jesús Ancer Rodríguez

Rector de la
Universidad Autónoma de Nuevo León

Con el propósito de presentar al público en general, de forma clara, atractiva, precisa y responsable, el conocimiento científico y tecnológico, no sólo desde el punto de vista teórico, sino también su historia, los más recientes descubrimientos, la comprensión de los avances tecnológicos y la relevancia que tienen en la vida diaria, la Universidad Autónoma de Nuevo León inicia esta colección: LA CIENCIA A TU ALCANCE.

Para integrarla, se ha invitado a participar en ella a investigadores y divulgadores de la ciencia, tanto de la entidad como de otros estados de la república, siempre con la idea de fomentar el interés por la ciencia y la tecnología en todos los sectores de la población; de favorecer el

acercamiento entre la comunidad científica y la sociedad, y de impulsar la participación de los conocedores en las tareas de divulgación.

Se trata no sólo de presentar al gran público el contenido formal de las disciplinas científicas, sus leyes, teorías, postulados, hechos y aplicaciones, sino también de llevar el espíritu de la ciencia a la población de nuestra entidad y del país.

Otro propósito es el de presentar y significar a los científicos, con la idea de que, leyendo sobre ellos, podamos comprender mejor sus contribuciones al bienestar y desarrollo de la sociedad, pues si bien su investigación científica y tecnológica satisface necesidades, no deben ellos perder su rostro humano.

Vale la pena recordar que, en 1612, cuando Galileo Galilei escribió, en italiano, y no en latín, como hasta esa época se presentaban los trabajos científicos, su libro sobre las manchas solares, y más adelante, en 1632, el “Diálogo Sobre los Dos Sistemas del Mundo”, sentó las bases de la divulgación científica, pues, como le dijo en una carta a su amigo, el canónigo Paolo Gualdo: “escribo en idioma vulgar, porque quiero que toda persona pueda leerlas”.

A partir de ese momento, se sucedieron las obras en lenguaje común. En 1637, René Descartes publicó en francés su “Discurso del Método” y, en 1661, Robert Boyle presentó en inglés su obra cumbre “El químico escéptico”.

Después, la divulgación de la ciencia se ha venido nutriendo con autores como Nicolas Camille Flammarion (1842-1925), quien fundó la Sociedad Astronómica Francesa, y con sus obras popularizó la astronomía; como el ruso Isaac Asimov (1920-1992), quien además de ser autor de obras de ciencia ficción, escribió numerosos libros y columnas en periódicos para el gran público, con temas de divulgación histórica, química y medioambientales, como su último libro: “La

ira de la tierra”. Tenemos asimismo a Martin Gardner (1914-2010), excelente divulgador de las matemáticas; a Desmond Morris (1928), autor de las famosas obras “El mono desnudo” y “El zoo humano”; a Carl Sagan (1934-1996), con sus famosos libros “Los dragones del edén” y “Cosmos: viaje personal”, que se hizo una popular serie de televisión, y la novela “Contacto”, con la que, en 1997, se hizo una película; y a Stephen Hawking, quien con sus numerosas investigaciones sobre la “Teoría de la relatividad” de Einstein y el origen del universo, y con su más popular obra “Historia del Tiempo”, es, quizá, el divulgador científico más destacado en la actualidad.

En nuestro país, desde el siglo XVIII, ha habido también excelentes divulgadores, como Antonio Alzate (1737-1799), quien con una clara vocación por la física, la química, las matemáticas y la astronomía, se interesó por popularizar el conocimiento científico y, entre otras cosas, a partir de 1768, publicó semanalmente “EL DIARIO LITERARIO DE MÉXICO”, en el que ofrecía al público en general noticias sobre ciencia, y José Ignacio Bartolache (1739-1790), célebre matemático, que entre 1772 y 1773 publicó un papel periódico con el nombre de “Mercurio Volante”, donde ofrecía a la población de México noticias importantes y curiosas sobre física y medicina.

A partir de los últimos treinta años, la comunidad de divulgación científica mexicana ha cobrado una extraordinaria importancia, y se ha venido conformando con nuevas generaciones, entre las que, por falta de espacio, sólo mencionamos a Luis Estrada Martínez, formador de divulgadores, quien logró la categoría académica para la comunicación de la ciencia; Alejandra Jaidar Matalobos (1937-1988), destacada física y divulgadora, que, entre otras cosas, impulsó la colección de divulgación científica “La Ciencia desde México”, del Fondo de Cultura Económica, y René Drucker Colín, científico especializado en fisiología y neurobiología, y excelente divulgador, quien con numerosos premios y distinciones ha sido presidente de la Academia Mexicana de Ciencias y director de Divulgación de la Ciencia de la UNAM.

Igualmente, mencionamos a Mario José Molina, destacado químico, con trabajos sobre la capa de ozono. En 1995 recibió el Premio Nobel de Química, y ha venido realizando una extraordinaria labor de divulgación; a Julieta Norma Fierro, destacada científica en el área de la astronomía, con numerosos libros y artículos de divulgación y la realización de una serie de televisión, titulada “Más allá de las estrellas”; a Antígona Segura Peralta, quien, además de numerosas publicaciones y conferencias por todo el país, ha conducido, durante más de diez años, el programa de radio “Hacia el Nuevo Milenio”, en Radio Red.

Esta colección, “LA CIENCIA A TU ALCANCE”, se suma a todos estos esfuerzos, con la idea también de aglutinar a nuestros divulgadores de la ciencia y ser un puente de comunicación entre el mundo de la investigación científica y tecnológica y el público en general, que desea y requiere tener a su alcance el saber científico y tecnológico.

Introducción

¿Cómo no sentirse maravillado de mirar al cielo por la noche y contemplar esa inmensidad oscura, salpicada de estrellas!; ¿cómo no sentir el vértigo de nuestra pequeñez e ignorancia, mientras esos puntos brillantes nos hacen preguntarnos: “¿qué son?”!

Desde que la especie humana cobró conciencia de su existencia, podemos experimentar esa sensación, combinada de pequeñez e inmensidad, de brevedad y eternidad; apenas después de que los primeros homínidos se vieron en un espejo de agua, y fueron capaces de reconocerse a sí mismos en su reflejo; cuando se percataron de que ellos y sus compañeros se parecían entre sí, no sólo en el aspecto físico, sino también en hábitos, temores, anhelos, y que su destino

estaba entrelazado como un colectivo de individuos; cuando cobraron conciencia social, y se percataron de que formaban un grupo de congéneres que trataban de sobrevivir en su entorno; se miraban entre sí, y sabían que no estaban solos. No estaban aislados.



Primitivos cazadores recolectores

Pero, a la vez, su existencia era vulnerable a las adversidades de su hábitat. Entendieron que lo que le sucede a uno, ya sea una enfermedad, un accidente, fortuna o tragedia, puede eventualmente beneficiar o afectar a los que le rodean.

Entendieron que no sólo el entorno contribuía a determinar su porvenir, sino que ellos también eran capaces de moldear ese entorno y, en consecuencia, podían tomar las riendas de su propio destino. Entendieron que, si aspiraban a sobrevivir siquiera a la siguiente temporada invernal, necesitaban observar todo el tiempo, todos los días de su vida, las señales a su alrededor.

El instinto de supervivencia era tan fuerte, que ejercía una enorme presión sobre su necesidad intelectual de comprender las señales del cielo; de rastrear las huellas dejadas por los animales que eran sus piezas de caza; de recordar la localización de ríos y lagos; de orientarse en el terreno y coordinarse con sus semejantes para cazar y protegerse. Se sentían intrigados por el misterio de la fertilidad, de la cópula, la procreación y el nacimiento.

Desconocían sus causas, pero reconocían su importancia en el ciclo de la vida. Todos estos puntos eran de tan vital importancia para la supervivencia de la tribu como colectivo, como un clan, que adquirirían dimensiones casi religiosas.

Pensemos por un momento en el desconcierto que generaban en ellos fenómenos naturales tan incomprensibles como atemorizantes: un terremoto, la fuerza de un huracán, la erupción de un volcán o el poder de un rayo. Todos esos eventos generarían en ellos una curiosidad enorme, a la vez que una sensación de admiración, de temor y de respeto. Se trataba de fenómenos que, en medio de la incomprensión de los primeros



*Fenómenos meteorológicos
y geológicos eventualmente
asociados a la veneración de deidades*



*Pinturas rupestres
en las cuevas de Lascaux
(-17,000 años a. de C.)*

homínidos, fueron personificados y venerados como dioses, a cuya voluntad se encontraban sujetos. El humano primitivo era un ser que conjugaba una profunda ignorancia con una insaciable curiosidad. Su instinto necesitaba urgentemente de una guía, que paulatinamente hallaría en su incipiente capacidad de razonamiento.

Sin embargo, debieron de transcurrir eras completas antes de que sus observaciones de los fenómenos naturales empezasen a sistematizarse; antes de que, quienes observaban con profundidad y detenimiento esos puntos brillantes en el cielo -las estrellas y los planetas-, legaran a las siguientes generaciones sus observaciones y conjeturas sobre su origen y movimientos. En este proceso, eran más las preguntas que las respuestas que surgían acerca del entorno.

Cada nuevo detalle que salía de la oscuridad de la ignorancia, aumentaba las probabilidades de supervivencia de los primeros humanos. Cada reto impulsaba un nuevo esfuerzo por comprender su cosmos. Cada nueva abstracción de su pensamiento, buscada a

propósito u originada de una casualidad, derivaba en la fabricación de una nueva herramienta o en el mejoramiento de una existente. Así se fueron adaptando los grupos; crecían en número, y la estirpe humana se propagaba por toda la Tierra.

Eventualmente, surgieron la Edad de Piedra y la Edad de los Metales. El dominio de estos elementos representa una solución a problemáticas que ahora nos podrían parecer simples o absurdas. Pero, en aquel entonces, constituían la vanguardia tecnológica. La inventiva resultó de la observación, del ensayo y del error, catapultada por la reciente capacidad intelectual del ser humano para imaginar y crear. La cuña de piedra laja, usada para cortar pieles, carnes de cacería o fabricar puntas de flecha, no surgió del estudio abstracto del plano inclinado, sino de una combinación de hechos fortuitos y de la intuición para hacer del objeto una herramienta.

La aguja de hueso, la vasija de piedra tallada, el puñal de bronce no fueron artefactos preconcebidos. Más bien, fueron aplicaciones resultantes de observar detenidamente las propiedades de estos materiales cotidianos. Su peso, resistencia y



Herramientas de cocina primitivas, piedra tallada para cortar y anzuelo de pesca hecho de hueso

maleabilidad se asociaron intuitivamente con las necesidades de cortar, perforar y contener sustancias. La observación cuidadosa y el ensayo, catalizados por el intelecto humano, derivaron eventualmente en el invento, la aplicación, la tecnología. Fue entonces, justo en el proceso inicial, en que el individuo observaba, se esforzaba por comprender y experimentaba, cuando tuvo su cuna el pensamiento científico.

Es cierto que el ser humano está acostumbrado a resolver problemas. Bien dicen que la necesidad es la madre de la invención. Pero no siempre la necesidad precede a las aplicaciones; hay innumerables casos en que las observaciones y experimentos aparecieron mucho antes de que surgiera la necesidad de su correspondiente aplicación; es decir, antes de que el ser humano se diera cuenta de que significaban una solución tecnológica a un problema que, probablemente, aún no se conocía. De hecho, históricamente, los avances más significativos de la ciencia se han registrado no por necesidad, sino por una mera



*Mamut tallado sobre uno de sus huesos (-13,000 años a. de C.)
escena de preparación primitiva de escenas de cacería*



Escena de preparación primitiva de escenas de cacería

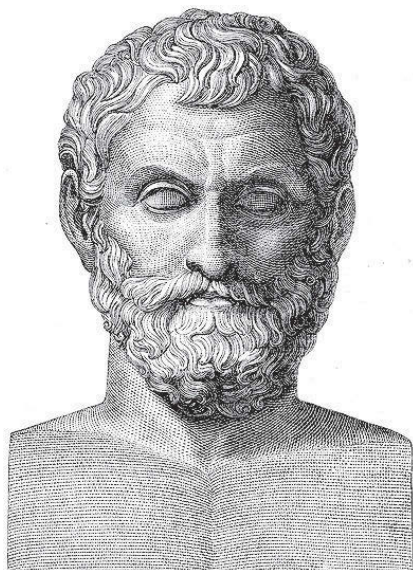
curiosidad; iniciados por la observación de algún fenómeno enigmático, desconcertante quizá, o sencillamente bello.

La agricultura, por ejemplo -nos dicen los arqueólogos y antropólogos-, surgió probablemente a partir de las observaciones cotidianas de las tribus nómadas, cazadoras-recolectoras, que durante sus migraciones se asentaban temporalmente en algún sitio. El objetivo de la migración era perseguir, en su travesía, a las manadas de presas de caza. Mientras los miembros más fuertes y diestros de la tribu salían a cazar, quienes se quedaban en el campamento tenían oportunidad de dedicarse a otras actividades. La organización y la división del trabajo auguraban, desde ese entonces, el auge de la civilización.

Aquéllos que cazaban, dominaban el conocimiento de las herramientas, las armas y la interpretación del terreno. Pero, quienes permanecían en el campamento, tuvieron la oportunidad de observar

con mayor detenimiento los signos que anticipan los cambios de clima; el ciclo de la lluvia; el lento, pero constante, brote de las semillas en condiciones de humedad; los efectos de un suelo fértil contra uno árido, y de la privación de luz solar a las plantas. Pronto aprendieron a cultivar las semillas de aquellas plantas cuyos frutos les servían de alimento o cuyas fibras les servían para fabricar herramientas. El dominio de la agricultura engendró al sedentarismo y, con ello, la civilización.

Y todo comenzó por observaciones motivadas por la curiosidad de ver brotar una planta a partir de una semilla, verla crecer, madurar, producir más semillas, y, luego, hacer el ensayo de sembrar de nuevo y ver lo que sucedía una y otra vez. De haber sido nuestros ancestros incapaces de apreciar el espectáculo de la propagación de la vida, no seríamos los mismos que somos. Nuestra existencia no sería posible si el ser humano no hubiera sido capaz de adaptarse a su entorno. Es ahí, en la relación entre el humano y sus alrededores, donde está la semilla de toda ciencia.



Tales de Mileto
(630 - 545 a. de C.)

Con frecuencia se hace referencia a los antiguos griegos como los padres de la ciencia moderna. Es cierto que Tales de Mileto (630 - 545 a. de C.) fue uno de los primeros en preguntarse por la *physis* o naturaleza de las cosas. Pero desde milenios atrás, en tiempos mucho más lejanos que los que nos separan actualmente de los antiguos griegos, el ser humano ya hacía algunas de las abstracciones acostumbradas en la ciencia.

Y es que, para explorar nuestra curiosidad; para hacernos preguntas

acerca del cosmos y tener inventiva, no hace falta tener formación científica estricta. En realidad, la profesión científica, tal y como la conocemos, tiene apenas unos siglos de haberse formalizado. Es en el desconocimiento de la historia de la ciencia, de cómo se han originado los avances científicos, de la historia personal de quienes han logrado materializar esos avances, donde radica el mito de que hay que ser científico profesional para apreciar la belleza del cosmos. Aún no sabemos por qué, pero dentro de cada uno de nosotros reside ese instinto de supervivencia, que alimenta nuestra inventiva y nuestra creatividad.

Somos seres profundamente curiosos. De los niños, por ejemplo, suele decirse que son científicos natos. La edad en que preguntan “¿por qué esto?”, “¿por qué lo otro?”, refleja muy bien ese motor interno que todos tenemos y que, desgraciadamente, con la aceptación inconsciente y silenciosa de los convencionalismos y prejuicios, se atrofia al crecer. A veces, es necesario esperar la rebelión de pensamiento que acompaña los últimos años de la adolescencia para que, bien encauzada, nos permita recuperar esa emoción infantil de preguntar, cuestionar, y satisfacer el hambre de saber más que aquello que se nos entrega como cierto.

Los primeros homínidos, aún lejanos de la era de la civilización, se enfrentaban a otra clase de convencionalismos. Quizá más que los estereotipos sociales, los enemigos de la curiosidad eran más bien el temor genuino a desafiar los fenómenos naturales, de causas desconocidas. Antes de temer al dogma impuesto por la autoridad espiritual, antes de que siquiera existiera la figura del sacerdote que interpretara los designios del dios del rayo, el humano primitivo ya temía al rayo en sí. Bien se refería el filósofo Thomas Hobbes al temor a las cosas invisibles, a lo desconocido, como a la semilla natural de toda religión.

Tuvieron que pasar muchas generaciones antes de que el humano se percatara de que es mayor el temor generado por el misticismo asociado a un fenómeno desconocido, que la amenaza real que dicho

fenómeno representa en sí para su integridad física. No fue sino hasta que el ser humano se dio cuenta de que su conocimiento del entorno, su aprendizaje, le da control sobre su propio destino, cuando se percató también de que de la ignorancia nacían también sus temores.

De aquí nació, asimismo, su espíritu explorador, conquistador; ese impulso de fabricar, de aprender y dominar, que nos ha permitido prevalecer en el planeta. Es un desarrollo incompleto, ciertamente, pues el equilibrio sustentable que nos permita coexistir con nuestros congéneres y las demás especies de la Tierra está lejos de concretarse. Sin embargo, la curiosidad científica sigue intacta en la psique humana. Hija de nuestra conciencia, es la huella distintiva que nos hace diferentes de los demás animales.

Entonces, si la curiosidad está tan ligada a nuestra condición humana; si a diario contemplamos el éxito de las aplicaciones científicas de



La curiosidad humana surge de manera natural desde la infancia, aunque rara vez sobrevive hasta la adultez.

nuestro tiempo, ¿por qué se observa tanto desinterés por estimular dicha curiosidad? Sabemos de historias fenomenales de hombres y mujeres que revolucionaron el pensamiento de su época (e incluso de épocas futuras), a partir de ideas que iniciaron como una simple curiosidad. Entonces ¿por qué el desdén y a veces hasta el desprecio de la sociedad moderna, de la misma juventud voluntariosa, por dedicar la vida a explorar esas curiosidades de manera profesional?

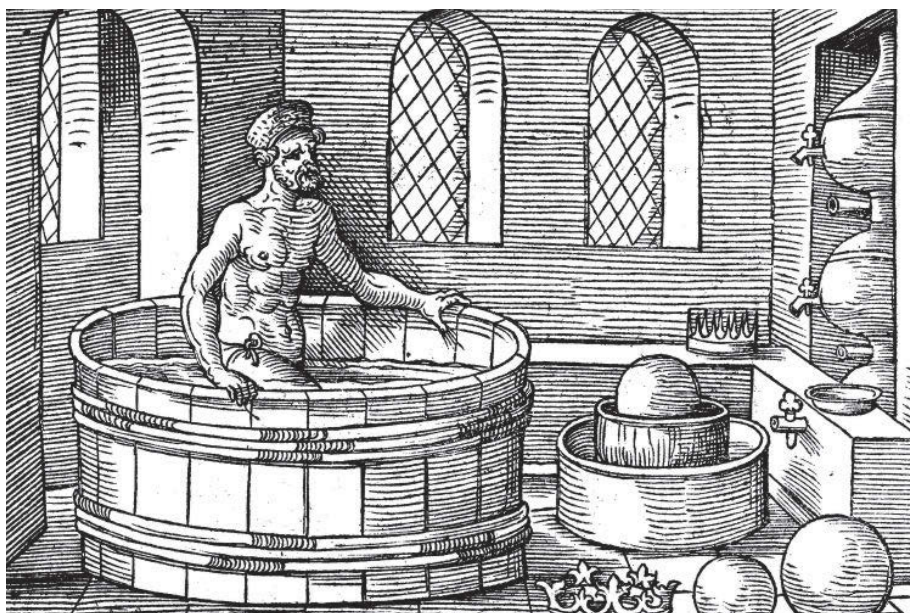
Se nos hace creer que la felicidad está en el goce de las comodidades que tenemos gracias a la ciencia y a la tecnología y, al mismo tiempo, se menosprecia el placer tan natural como accesible que se puede sentir al aprender algo nuevo; al saber el por qué de algo que antes originaba temor, y hoy es motivo de asombro, o al dominar aquello que garantice nuestra supervivencia. ¿Se imagina lo que sintió el primer homínido que logró producir fuego?, ¿el éxtasis que sintió la primera persona, muy probablemente una mujer, al asimilar el misterio de la fertilidad? Seguramente experimentaron algo parecido a lo que sintió aquel humano que, hace apenas unos miles de años, levantó la primera cosecha en la historia, de aquello que él mismo sembró; algo como la emoción que, según la leyenda, sintió Arquímedes de Siracusa cuando, en un arrebato de placer, salió corriendo de su casa, desnudo y empapado, gritando “¡eureka!”, pues acababa de descubrir su famoso principio de flotación, mientras meditaba en su bañera.



*Venus de Willendorf
(23,000 años a. de C.).*

En este pequeño libro, intentaremos mostrar que todos los seres humanos podemos hacer uso de nuestra curiosidad innata para apreciar la belleza del cosmos. Plantearemos por qué es posible, para cualquier persona, nutriendo esa curiosidad, experimentar momentos de *eureka* que retribuyan con el placer de aprender algo nuevo sobre cómo funciona la naturaleza; y cómo también es posible, con la adecuada orientación y dominio del método, profesionalizar esa curiosidad y ayudar a nuestra especie en su carrera por la supervivencia.

En el primer capítulo, *Curiosidad por una belleza exótica*, haremos un recuento de cómo han madurado con el tiempo algunas ideas científicas, así como la ciencia misma como actividad humana. Iniciaremos con las ideas de los griegos, dado que representan la cuna de la civilización occidental; y ya que este libro no tiene la mínima intención de ser un libro de historia de la ciencia, más bien comentaremos ejemplos de cómo la ciencia ha abordado misterios que, a veces, han perdurado



Arquímedes de Siracusa en su momento de “eureka”.
(287 - 212 a. de C.)

por siglos. Al mismo tiempo, contrastaremos las diferentes creencias y métodos no científicos, usados para intentar describir el mismo problema.

Así, pretendemos ilustrar cómo fue madurando la ciencia como profesión, especialmente a partir de la implementación del método de Galileo. El lector descubrirá en este capítulo que la historia de la ciencia es tan apasionante como la vida de sus protagonistas, todos motivados por un impulso innato por descubrir y satisfacer su curiosidad.

En el segundo capítulo, *El lenguaje de la naturaleza*, hablaremos de cómo, para saciar la curiosidad, se necesita no sólo la observación, sino también la abstracción de las ideas; de cómo surgen así, de manera natural, las matemáticas, y cómo su desarrollo ha ido a veces por su cuenta, y a veces de la mano con el pensamiento científico.

Sin profundizar sobre las diferentes ramas de las matemáticas, ni mucho menos pretender “enseñarlas” al lector, mostraremos ejemplos de cómo, gracias a ellas, podemos apreciar mejor la belleza del cosmos. Narraré brevemente cómo las matemáticas se vincularon tan cercanamente con la ciencia, una vez que se entendió su importancia fundamental para realizar abstracciones sobre la naturaleza.

Finalmente, en el capítulo titulado *La belleza está en los ojos de quien mira*, como su título sugiere, comentaremos acerca de cómo el apreciar la belleza de la naturaleza depende en gran medida de la manera en que nos acerquemos a ella. Trataré de plantear las posibles causas de por qué la curiosidad científica de las personas parece ir siendo sepultada con la edad, y de cómo, quizá, podríamos prevenir el proceso.

Propondré que la naturaleza revela invariablemente sus secretos, siempre y cuando hagamos las preguntas correctas; también, que es posible, alimentando desde temprana edad la curiosidad científica, llegar a descubrimientos que no sólo son enriquecedores en el plano

personal, sino que también pueden hacer la diferencia en nuestro destino como especie.

Espero lograr para el lector una lectura tan entretenida y placentera como lo ha sido para mí escribir este libro. Si logro contagiarle al menos un poco de la pasión que siento por la ciencia, mi objetivo estará cumplido. Le deseo una buena lectura.

Capítulo I. Curiosidad por una belleza exótica

“La curiosidad es la lujuria del intelecto”

Thomas Hobbes en *Leviathan*, 1651

Imagine por un momento que vive en una época remota del pasado. No hay ciudades como las conocemos hoy, la gente no se viste como lo hace hoy. Estoy hablando de varias decenas de siglos atrás, de modo que no hay servicio de alumbrado eléctrico, y las antorchas y lámparas de aceite son la única fuente artificial de iluminación. Esto presenta la ventaja de que, a diferencia de lo que ocurre en nuestras ciudades modernas, saturadas de contaminación lumínica, podemos observar con claridad la noche oscura y estrellada en todo su esplendor.

Imagine ahora que se encuentra recostado sobre la hierba, en una de esas noches. Contempla el cielo; su mirada se pierde en ese vertiginoso manto negro, y atrapa su atención ese objeto enorme, redondo y brillante,



que ahora conocemos como la Luna. ¿Qué es? ¿Cómo llegó ahí? ¿Por qué está ahí?

Las respuestas a estas inquietudes, aunque ahora nos parecen de lo más obvias, en tiempos antiguos eran desconocidas, y las únicas explicaciones disponibles sólo contribuían a un mayor misterio. Las dudas sobre fenómenos tan bellos como impresionantes, aunadas a la carencia de métodos para revelar sus causas, nos orillan a la especulación. Así es como, en ese pasado lejano, en que contemplamos el firmamento, sin tener la certeza de qué son aquellos puntos brillantes que observamos por las noches, tendemos a asociarlos con aquello que sí tenemos al alcance.

La mística, la cosmogonía oriental y occidental, los mitos, son ejemplos de respuestas que el espíritu inquisitivo reclama en el ser humano primitivo. Teme a la ignorancia, a no tener un cabo, una isla en la cual refugiarse en el océano de su ignorancia. Así nacen, por ejemplo, los oráculos y la mitología griega, cuya representación de deidades y elementos mitológicos en las constelaciones del firmamento hemos heredado hasta nuestros días.

La Luna, uno de los espectáculos naturales más antiguos, ha encerrado los mayores enigmas durante miles de años



*Constelación del gigante Orion,
cazador que Zeus colocó en las estrellas de acuerdo a la mitología griega*

Pero algo muy interesante ocurre detrás de esas asociaciones que el ser humano hace entre lo que sabe y lo que ignora. El ejemplo de las constelaciones, esas imágenes que los antiguos griegos veían en la conjunción de estrellas del firmamento y que creían representar entes mitológicos, lo ilustra muy bien. Me refiero a la capacidad del cerebro humano para reconocer patrones. Vamos, es un impulso innato que surge de manera automática cuando contemplamos múltiples objetos amorfos, inconexos, dispersos o, bien, movimientos caóticos.

Pensemos en las nubes, que repentinamente cobran formas conocidas; en arboledas que súbitamente nos muestran cierta regularidad, o en una parvada de gaviotas que se lanzan una y otra vez sobre una playa en busca de alimento. Al principio, no vemos ningún patrón; pero, si seguimos observando con detenimiento, después de un tiempo asociaremos la imagen de una nube con algún animal; seremos capaces de distinguir un campo cultivado en medio de un bosque o,



*Patrones de la naturaleza hallados en nubes,
bosques, parvadas de aves, algas oceánicas*

bien, nos daremos cuenta del ataque coordinado y en oleadas que las gaviotas realizan sobre los escurridizos cangrejos y pequeños peces en las inmediaciones de la playa.

Lo mismo ocurre con las estrellas. Si permanecemos recostados tranquilamente sobre la hierba en una noche estrellada, y observamos con detenimiento el hermoso espectáculo del cielo abierto, eventualmente identificaremos formas, colores, manchas (las nebulosas lejanas) y, si tenemos suerte, incluso la Vía Láctea¹, que divide en dos el firmamento. Invariablemente, asociaremos lo desconocido de

¹ Dejo al lector la tarea de investigar la interesante narración de por qué llamamos Vía Láctea a la galaxia que habitamos.

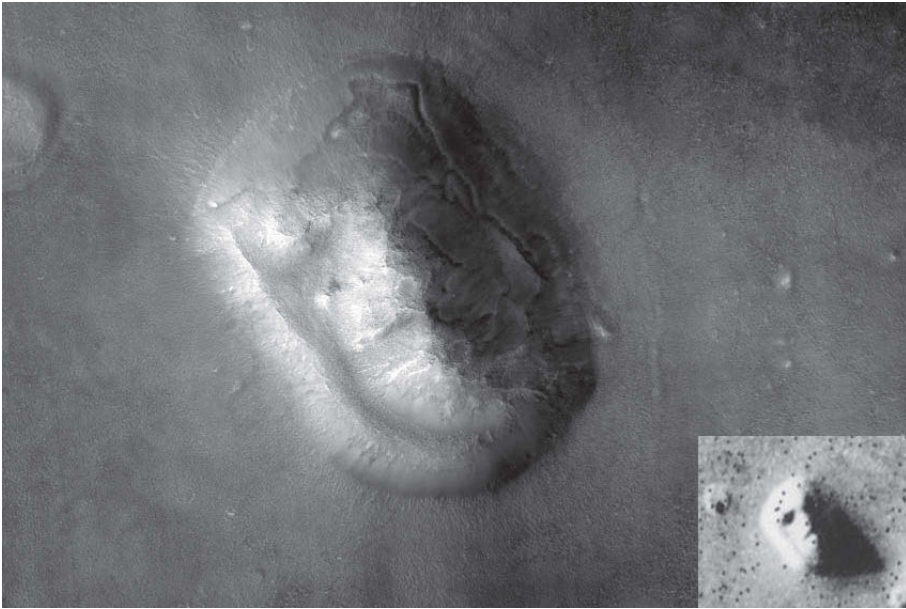
aquellos objetos con lo que sí conocemos, pues el espíritu inquisitivo es tan fuerte, que nos reclama una explicación de lo que ignoramos, así sea a través del mito. No podemos desprendernos de nuestra humana capacidad de reconocer patrones. Bendita conciencia, que nos ha dado la llave para saciar nuestra sed de conocimiento más allá del mito.

Pero, regresemos a la escena con que inició este capítulo: la contemplación nocturna de la Luna. Pregúntese cómo serían las cosas en la actualidad, si el ser humano no hubiera tenido la capacidad de advertir la regularidad de los movimientos de la Luna o del Sol, e incluso de las estrellas errantes, vagabundas, apropiadamente llamadas *planetas* por los griegos. Y es que, entre más observamos, más conocemos; entre más conocemos, más reflexionamos en los patrones emergentes; ponemos a prueba nuestras suposiciones y aprendemos más.

Pronto, el mito se vuelve insostenible, y la sed de explicar lo desconocido no hace sino aumentar más y más con cada nuevo sorbo de conocimiento. A veces, beber de ese vaso es como beber vinagre. Derribar conocimientos equivocados, arraigados durante mucho tiempo, suele ser bastante amargo para la mayoría de las personas; pero, al mismo tiempo, cada nuevo sorbo no hace sino aumentar más y más, de manera insaciable, la sed de conocimiento.

El reconocimiento y estudio de los patrones de movimiento de los cuerpos celestes no ha sido poca cosa. De hecho, fue el detonante de la primera revolución científica en la era de la civilización, y es uno de los ejemplos más bellos de cómo ha evolucionado el pensamiento científico, desde los antiguos griegos hasta nuestros días. Muy probablemente, el lector esté al tanto del modelo geocéntrico de Claudio Ptolomeo, que perduró, desde el siglo II a. de C., hasta el XVI de nuestra era, como una verdad indiscutible².

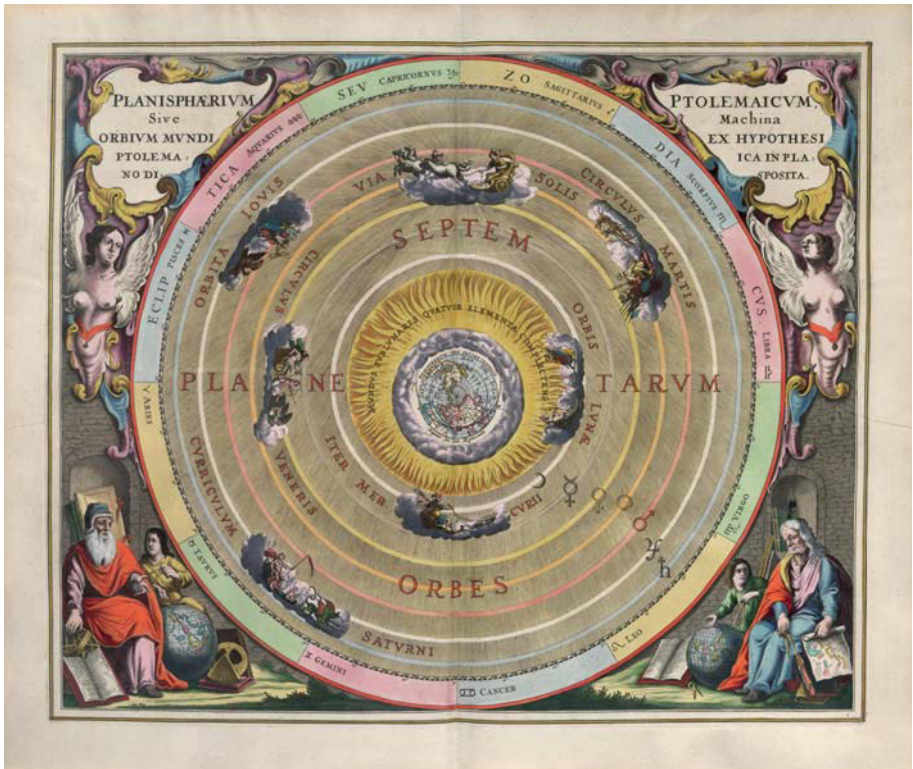
² De hecho, al sistema heliocéntrico le tomó aproximadamente 200 años reemplazar al geocéntrico.



Cydonia, una región de Marte que causó revuelo por la foto tomada por el Viking I en 1976 en que se distinguía un rostro humano.

La idea de que la Tierra ocupaba el centro del universo, dadas las limitadas observaciones de aquel tiempo y la férrea monopolización de la verdad por parte de la Iglesia, prevaleció como la mejor explicación disponible de los movimientos planetarios ¡durante aproximadamente 1,400 años!

Sin embargo, la curiosidad humana y la sed de conocimiento es muy grande. Fue precisamente un monje, Nicolás Copérnico, quien, mediante nuevas observaciones y cálculos, postuló un modelo heliocéntrico, que habría de revolucionar la forma en que entendemos nuestro lugar en el cosmos. Es igualmente sorprendente descubrir que, hace apenas un siglo, la humanidad se percató de que vive en un planeta pequeño, que orbita una estrella promedio, localizada en los confines de una galaxia típica, de la cual hay otros miles de millones, con sin igual número de estrellas. La noción de cantidades “astronómicas” nos produce un impacto psicológico tremendo. Más aún, el temor generado al sabernos insignificantes en el

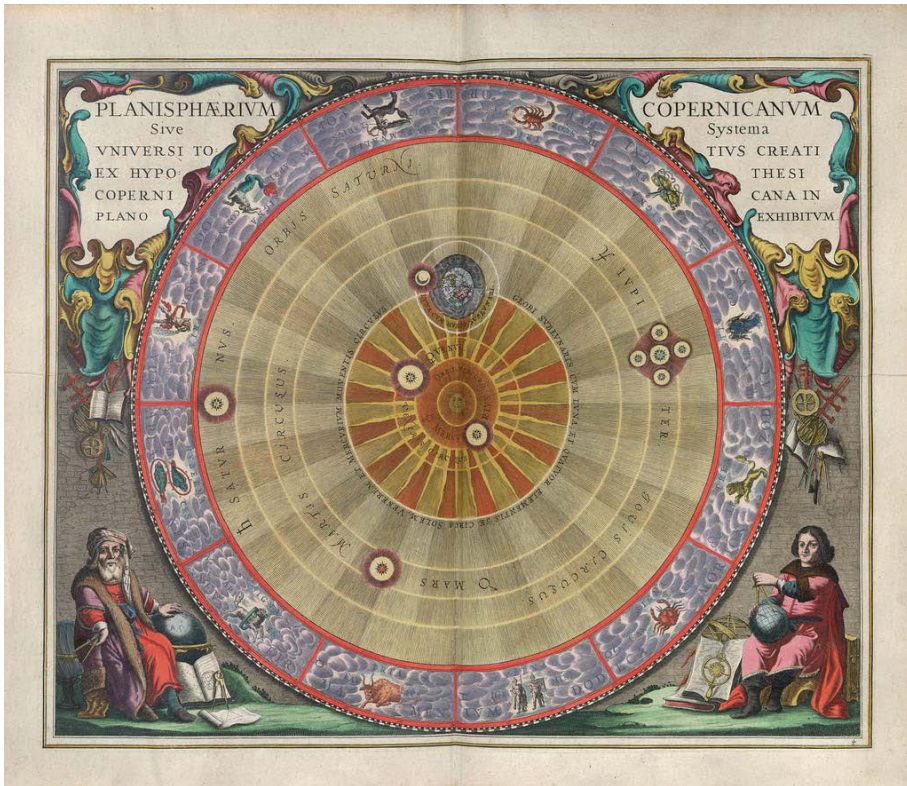


Grabado del sistema geocéntrico de Ptolomeo

vasto océano del universo, es una sensación abrumadora. Pues bien, algo parecido ocurrió en la época de Copérnico, que significó no solamente una revolución científica, sino del pensamiento.

El ser humano se sintió derribado del pedestal antropocentrista, gracias a la luz de la evidencia, tan indiscutible como intimidante. Al mismo tiempo (y no sin oposición), puso de relieve la importancia de la observación, de la evidencia y la medición, como elementos necesarios para llegar a la verdad.

La curiosidad humana era tan fuerte, que ya no bastaban las verdades reveladas, interpretadas por una *autoridad*, para satisfacerla. Más aún, la



Grabado del sistema heliocéntrico de Copérnico

certeza de que no era la Tierra, sino el Sol, el que ocupaba el lugar central en el universo conocido, es una metáfora propicia para describir el fin del oscurantismo y el renacimiento en las artes y las ciencias. En particular, la revolución científica que detonó la comprensión de la dinámica celeste habría todavía de ver sus mejores años en la época de Galileo Galilei e Isaac Newton.

Mientras tanto, reflexionemos sobre ese proceso natural de la mente humana, que compartimos con nuestros ancestros primitivos y que nos distingue como humanos. Me refiero a la conciencia, la capacidad de reconocer patrones, abstraer ideas, imaginar, y, de manera más sofisticada, realizar cálculos, experimentos, conjeturas, predicciones.

Todo este poder de raciocinio sería inútil sin el empuje de la curiosidad, y ésta, a la vez, sería infértil sin las correspondientes habilidades mentales que nos permiten distinguir cuándo el conocimiento está o no basado en la evidencia.

Este matrimonio entre curiosidad y conciencia, llevó invariablemente al ser humano a desarrollar el método científico; es decir, a formalizar una manera de garantizar que las suposiciones serán analizadas a la luz de la evidencia; que serán, por tanto, sometidas a la prueba del experimento una y otra vez, antes de tomarse como verdades; y, quizá, lo más importante, a proponer una suerte de ‘maquinaria de autocorrección’ de la ciencia, de modo que cada nueva teoría pueda siempre perfeccionarse o bien ser reemplazada por otra a la luz de nueva evidencia. Este método, introducido por vez primera en el siglo XVI, por Galileo, es el ícono de la primera revolución científica. Su importancia radica en que, por primera vez en la historia, provee al ser humano de una herramienta para distinguir la ciencia de la pseudociencia.

Capítulo II. El lenguaje de la naturaleza

La naturaleza está escrita en el gran libro del universo, que permanece siempre abierto a nuestra contemplación. Pero el libro no puede ser entendido, a menos que uno primero aprenda a comprender el lenguaje en el cual está escrito. Está escrito en el lenguaje de las matemáticas, y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible entender una sola palabra de él; sin ellas, uno deambula en un laberinto oscuro.

Galileo Galilei en *El Ensayador*, 1622

En opinión del autor, la mayor aportación de Galileo Galilei no se refiere a las investigaciones que lo llevaron a verificar la validez del sistema heliocéntrico de Copérnico; tampoco fueron la invención del primer termómetro, sus estudios de cinemática ni sus legendarios experimentos sobre la caída libre en la torre inclinada de Pisa. El principal legado de Galileo a la humanidad ha sido el método científico.

Después de la controversia geocéntrica, por primera vez en la historia se hacía patente la necesidad de tener un procedimiento o, al menos, una guía para hallar una verdad, y que ésta fuese universal. Era necesario un método para tener certeza de nuestro conocimiento



Galileo Galilei (1564 - 1642).
Retrato realizado en 1636
por Justus Sustermans.

del cosmos. Galileo ofreció una solución a este problema, y de paso sentó las bases de la ciencia moderna.

La esencia del método científico es la verificación mediante el experimento. La evidencia observable, aquella que es posible detectar y medir por medio de los sentidos o con ayuda de algún instrumento, será a partir de entonces el origen del conocimiento falsable. Es decir, la evidencia sustentará todos aquellos conocimientos que pueden ser puestos a prueba mediante algún experimento.

De este modo, se abandonaba el estilo de la ciencia aristotélica, que se valía exclusivamente del pensamiento como herramienta para alcanzar una verdad. Ahora, la ciencia, después de Galileo y hasta nuestros días, cuenta con una *maquinaria de autocorrección*, que le permite respaldar teorías únicamente mediante la reproducción de experimentos que la confirmen; o, bien, le permite refinar teorías e inclusive desecharlas por completo, para lo cual será suficiente un solo experimento contradictorio. Con un criterio tan rígido, era de esperarse, la ciencia se profesionalizó.

Pero, antes de que aparecieran los primeros científicos profesionales después de Galileo, el nuevo método encontró no pocos problemas. La institución más poderosa del planeta en aquel entonces, la Iglesia Católica, basaba gran parte de sus preceptos y dogmas, además de en las escrituras, en la filosofía aristotélica. No es de extrañarnos que los

más renuentes a aceptar el modelo heliocéntrico hayan pertenecido a la jerarquía eclesiástica. Sin embargo, y a pesar del poder autoritario de la Iglesia, en realidad no hay ninguna autoridad capaz de rebatir lo que los ojos ven; o lo que los oídos oyen, los instrumentos miden y las matemáticas demuestran.

Y, con ello, llegamos a la segunda característica importante del método científico, y es que está diseñado de tal forma que *en la ciencia no existen autoridades por encima del poder demostrativo de la evidencia*. Si bien es cierto que en la ciencia hay quienes, por su virtud y experiencia en un determinado tema, son considerados 'autoridades' en su área, también es cierto que cualquiera capaz de diseñar una teoría alternativa, respaldada por un mejor experimento, tendrá de su lado una evidencia que superará la prueba del tiempo.

La historia de la ciencia está llena de casos en que las teorías de gigantes como Galileo, Newton, Darwin o Einstein necesitaron modificarse, mejorarse o incluso ser reemplazadas por otras mejores, a la luz de nueva



Estatua de Giordano Bruno (1548 - 1600) en el Vaticano. En este sitio, que antes era el mercado Campo di Fiore, Bruno fue amordazado, atado desnudo a un poste e incinerado en la hoguera tras el juicio que la Santa Inquisición le hizo por defender el sistema heliocéntrico de Copérnico.



Aristóteles

evidencia. Resulta irónico que los descubrimientos de un hombre tan sabio como lo fue Aristóteles, hayan prevalecido como dogmas durante tantos siglos, en que se atribuyó a su criterio de autoridad un valor casi sobrenatural, a pesar de que él mismo, al preguntársele por qué se atrevía a contradecir las enseñanzas de su maestro Platón, solía responder con la frase: *amicus Plato sed magis amica veritas*, que se traduce: Platón es mi amigo, pero más amiga mía es la verdad. Galileo, quien no ignoraba las enseñanzas de Aristóteles, entendió esto, y fue capaz de revolucionar la búsqueda del conocimiento.

La tercera característica, no por ello menos importante, del método científico, se refiere a la teoría. ¿Qué es una teoría? Si hacemos esta pregunta a alguien que nos topemos por la calle, le aseguro que le vendrán a la mente, como impulsados por un resorte, nombres de teorías famosas, como la Teoría de la Relatividad (de Einstein) o la Teoría de la Evolución (de Darwin). Sin embargo, sólo una de estas dos últimas es realmente una teoría, y la confusión se debe a que la mayoría de las personas ignoran que es y para que sirve una teoría. Explicaremos a continuación.

Una teoría, en palabras cotidianas, es un modelo o un conjunto de modelos que nos sirven para representar un fragmento de la realidad. Son explicaciones plausibles, basadas en la evidencia, acerca del funcionamiento de algún proceso en la naturaleza. Al mismo tiempo, nos sirven para predecir lo que ocurrirá a un fenómeno en el futuro, o lo que pasará si lo intervenimos de alguna forma o le provocamos

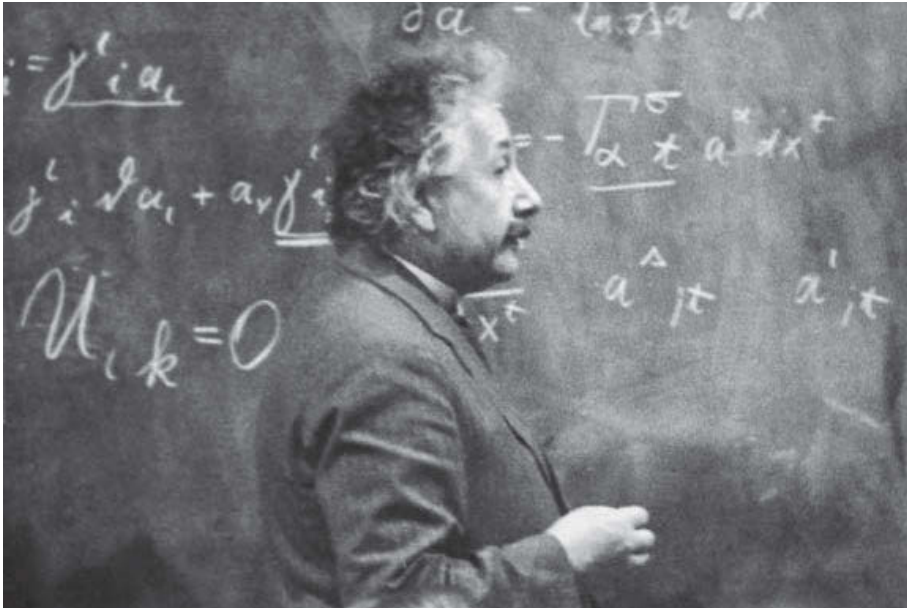


Cohete

alguna perturbación externa. Una teoría es, sin temor a exagerar, lo más parecido que tiene el ser humano a una bola de cristal para entender cómo funcionan las cosas y predecir el curso que seguirán en el tiempo.

Si lanzamos un proyectil al aire y conocemos algunos parámetros físicos, como el ángulo de salida, velocidad inicial y velocidad del viento, podemos predecir con bastante exactitud en dónde caerá, la altura máxima que alcanzará y el tiempo que durará en vuelo, todo ello gracias a la teoría de la mecánica. Pero, además, nos permite predecir que, si lanzamos el proyectil con suficiente velocidad inicial, éste abandonará la prisión gravitacional de la Tierra y saldrá disparado al espacio, tal y como lo hacen las naves espaciales de hoy en día.

Las teorías sobre los fluidos nos permiten explicar el vuelo de las aves y el nado de los peces, pero también diseñar tecnología que



Una teoría es una abstracción que hacemos de la realidad para describirla de manera coherente, lo que con frecuencia exige el empleo de las matemáticas.

permita volar a objetos tan pesados como los aviones o a submarinos desplazarse sin problemas cuando están sumergidos en el mar.

La teoría celular y la biología molecular nos han permitido entender los misterios de la fertilidad, de la propagación de la vida, el origen de las enfermedades infecciosas en los microorganismos del entorno, por mencionar solo algunos ejemplos. Pero también nos han permitido implementar medidas de higiene y políticas públicas para elevar significativamente la calidad y esperanza de vida en las ciudades.

En otras palabras, una teoría es una serie de razonamientos, formulados a partir de la evidencia, que nos permiten explicar los hechos de manera congruente. En ese sentido, la teoría heliocéntrica reemplazó a la geocéntrica, debido a que explicaba mejor las observaciones de la dinámica celeste. En ese sentido también, la evolución en sí no es una teoría, sino un conjunto de hechos observados y verificados, desde

que se empezaron a estudiar las evidencias fósiles, antes incluso de la época de Charles Darwin y Alfred Wallace. Lo que es una teoría en este caso, es que la evolución (un hecho) ocurre mediante el mecanismo de selección natural (teoría). Tan es una teoría, que, años después de la publicación de *El Origen de las Especies*, Darwin publicó una *extensión* de su teoría para incluir un mecanismo adicional impulsor de la evolución: el de la selección sexual, propuesto en *El Origen del Hombre*.

Muchos años después, ya en el siglo XX, se amplió la teoría para incluir un tercer mecanismo, el de la deriva genética, como impulsor de la evolución. Esto fue gracias a la colaboración de matemáticos en los estudios de genética, iniciados tras el descubrimiento de los trabajos perdidos de Gregor Mendel acerca de los factores de la herencia. Es decir, a la luz de nueva evidencia, la teoría de que la evolución ocurre mediante la selección natural debió ser extendida. Es un error bastante común confundir las teorías con los hechos, y ello deriva en consecuencias graves, como, por ejemplo, asignar inconscientemente a las teorías la categoría de “dogma”. Un dogma es aceptado sin cuestionamiento, sin el respaldo de la evidencia y, generalmente, sin cuestionar su veracidad, tan solo por la reputación de la autoridad que lo propuso.

Inclusive, algunos científicos suelen cometer este error, pues aunque la ciencia es atemporal, universal y objetiva, la desarrollan seres humanos, quienes estamos influenciados por el pensamiento de la época, la cultura local y las pasiones personales. Sin embargo, a diferencia de cualquier otro método utilizado por el ser humano para alcanzar el conocimiento, la ciencia posee esa maquinaria de autocorrección que le permite sobrevivir a la prueba del tiempo y de las autoridades. La evidencia observable es el combustible de dicha maquinaria. He ahí el verdadero triunfo del -y *sin embargo se mueve*- de Galileo.

Pero, ¿cómo se formula una teoría? ¿En que términos se describen esas explicaciones acerca de los fenómenos naturales? Primero, tenemos que entender que las teorías no son hechos; las teorías no son



El juicio que la Iglesia Católica hizo a Galileo es uno de los ejemplos más famosos de la confrontación histórica entre el dogma y el conocimiento basado en evidencia.

la realidad, sino, más bien, modelos de la misma. Son imágenes mentales que nos sirven para representar un fragmento de la naturaleza. Las teorías tratan de representar de la manera más detallada posible la realidad; pero, al mismo tiempo, han de ser lo suficientemente simples para ser comprendidas.

Si quisiéramos representar diferentes sitios de una ciudad, por ejemplo, recurrimos a un mapa. Un mapa es un modelo a escala de una ciudad, y aunque nos sirve para ubicar dónde estamos y a dónde queremos ir, tiene sus limitaciones. Si deseáramos un mapa más detallado, dibujaríamos en él no solamente las calles con sus nombres, sino también los edificios, casas, terrenos, árboles, postes, banquetas, jardineras, etc... Pero, pronto, el mapa sería tan complicado, que necesitaríamos un microscopio para ver sus detalles, si es que queremos mantener su escala. Pues bien, lo mismo ocurre con las teorías y los modelos: son representaciones lo suficientemente abstractas para poder capturar

los detalles esenciales que queremos entender de la realidad; pero, al mismo tiempo, lo suficientemente poderosas para hacer predicciones sobre ella. Muchas veces ocurre que se emplean diferentes teorías para explicar la naturaleza a diferentes escalas de espacio y tiempo. Así, por ejemplo, para describir la realidad a escala intergaláctica, se emplea la Teoría de la Relatividad General; para describir los eventos a escala planetaria, que ocurren en nuestra vida cotidiana, podemos emplear la Teoría de la Mecánica Clásica; pero, si nos vamos a la escala de los átomos y las partículas subatómicas, nos vemos obligados a usar la Teoría de la Mecánica Cuántica. Cada modelo y teoría tiene, entonces, un determinado rango de validez y poder predictivo, aunque en la actualidad se trabaja en la elaboración de teorías capaces de comprender la realidad en su totalidad.

La palabra clave para entender cómo se formula una teoría, es “abstracción”. Mencionábamos anteriormente que el cerebro humano es parecido a una máquina que reconoce patrones. Y, desde los albores


| | | | | | | | | | | | |
|---------|---|----|-----|------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|-----|
| Egypt | I | II | III | IIII | IIII II | IIII III | IIII IIII | IIII IIII | IIII IIII | ∩ | ⊙ |
| Babylon | ┐ | ┐┐ | ┐┐┐ | ┐┐┐┐ | ┐┐┐┐ ┐┐ | ┐┐┐┐ ┐┐┐┐ | ┐┐┐┐ ┐┐┐┐ | ┐┐┐┐ ┐┐┐┐ | ┐┐┐┐ ┐┐┐┐ | < | ┐┐┐ |
| Roman | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | C |
| Chinese | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 | 八 | 九 | 十 | 百 |
| Indian | १ | २ | ३ | ४ | ५ | ६ | ७ | ८ | ९ | १० | १०० |
| Mayan | • | •• | ••• | •••• | — | —• | —•• | —••• | —•••• | == | ☉ |
| Arabic | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 100 |
| Thai | ๑ | ๒ | ๓ | ๔ | ๕ | ๖ | ๗ | ๘ | ๙ | ๑๐ | ๑๐๐ |

Sistemas de numeración desarrollados en diferentes culturas

de la civilización, estos patrones se han referido a cantidades: espacio, tiempo, formas, etc... Para describirlos, el ser humano se vio en la necesidad de inventar números, reglas de medición, relojes, calendarios, geometría, álgebra, por mencionar algunos.

Resulta interesante descubrir que numerosas culturas alrededor del mundo desarrollaron de manera independiente sus propios sistemas de numeración, sus calendarios estacionales y agrícolas; fabricaron sus herramientas de acuerdo a los mismos principios físicos, y edificaron sus construcciones de acuerdo a los mismos principios geométricos.

La convergencia en la mente humana de las representaciones de los patrones observados en la naturaleza, nos sugiere la existencia de un lenguaje común con el cual podemos aspirar a comprenderla. Este lenguaje se nos enseña desde niños en las escuelas durante nuestras clases de matemáticas, aunque desafortunadamente rara vez se hace hincapié sobre su importancia para entender el mundo que nos rodea. La abstracción que hacemos



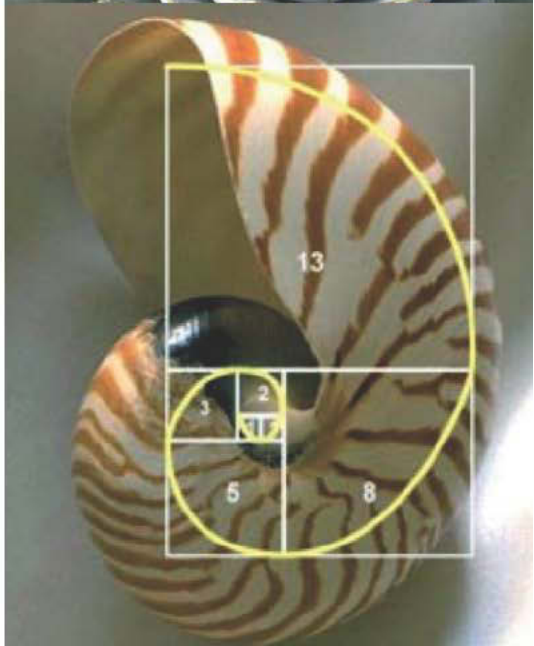
Patrones espirales hallados en seres vivos que respetan la serie numérica de Fibonacci y la proporción áurea

de las regularidades observadas en el caos de la naturaleza es, en esencia, la semilla del pensamiento matemático.

El reconocimiento de las matemáticas como el lenguaje de la naturaleza fue también una de las grandes aportaciones de Galileo a la ciencia moderna. Él no sólo se percató de que el álgebra introducida en Europa desde Medio Oriente y la geometría de los griegos eran los instrumentos idóneos para describir el equilibrio y movimiento de los cuerpos, sino que se encargó de elaborar los primeros modelos importantes para estudiar la naturaleza, valiéndose de ellos.

Galileo puso de manifiesto lo anterior en 1538, a través de su *Discurso sobre dos nuevas ciencias*, el cual fue publicado de manera subrepticia sólo en Holanda, pues después del juicio que le realizó la Inquisición por su libro previo, ésta había prohibido la publicación de cualquier escrito de su autoría, fuera pasado o futuro.

La teoría es una descripción de la realidad. Una de varias posibles,



si reconocemos los periodos de la historia en que más de una teoría resultaba plausible para explicar el mismo fenómeno. Y, como son descripciones de la realidad, es necesario emplear un lenguaje apropiado que nos permita comunicar dicho modelo de la realidad de manera concreta y sin ambigüedades.

A veces, este lenguaje toma la forma de las matemáticas, pero en otros ámbitos donde las ciencias son todavía descriptivas (que cada vez son menos), se utiliza el lenguaje común en un estilo lógico-argumentativo, para plantear hipótesis y deducciones. Cualquiera que sea el lenguaje empleado, éste parte de bases lógicas y argumentos sustentados en el análisis de la evidencia.

Con frecuencia, el carácter matemático de las teorías hace tentador elevar su rango de validez al de una demostración matemática; sin embargo, la validez matemática de los postulados de una teoría no significa automáticamente que ésta sea una buena reproducción de la realidad. Es decir, aunque la validez de los teoremas matemáticos queda asegurada por su demostración, no debemos olvidar que se emplean en la ciencia como parte de una *teoría* de la realidad, y como tal, su alcance y rango de validez es tan fuerte como la validez de las suposiciones en que se basa.

También es cierto que se pueden elaborar dos clases de modelos: a saber, formales y factuales. Los primeros se suelen representar mediante matemáticas, pues parten de axiomas, y así pretenden demostrar postulados; es decir, suposiciones acerca de cómo funciona un determinado proceso.

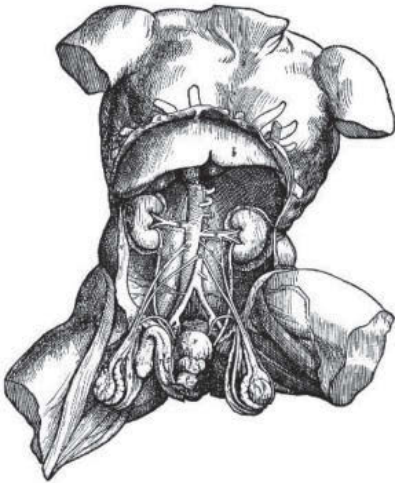
Por otro lado, los modelos factuales suelen valerse más bien de esquemas y del lenguaje común. Estos últimos, sin embargo, no escapan a los criterios estrictos del método científico, pues, aunque no emplean axiomas, sí hacen proposiciones que pretenden demostrar a través del método hipotético, deductivo e inductivo.



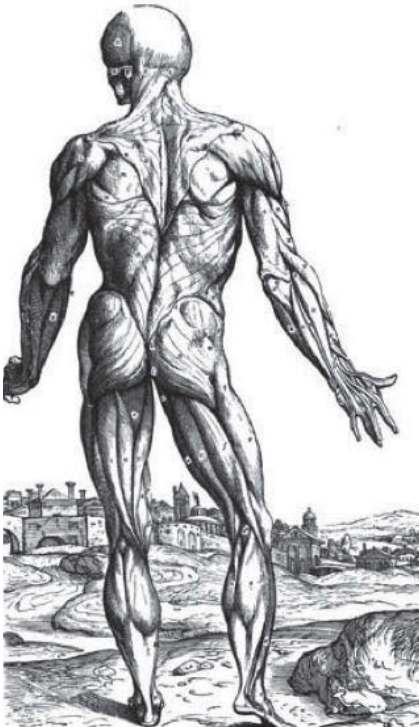
Modelo de la arquitectura interna de una célula animal

Un ejemplo histórico notable acerca de los modelos factuales, que guarda semejanza con la controversia entre el modelo geocéntrico de Claudio Ptolomeo y el modelo heliocéntrico de Nicolás Copérnico, es el de los estudios anatómicos de Claudio Galeno y Andries van Wesel. En la medicina galénica, que data del siglo II de nuestra era, se creía que el núcleo del sistema circulatorio no era el corazón, sino el hígado, en donde se originaban los cuatro “humores” o sustancias básicas cuyo equilibrio determinaba el estado de salud del cuerpo. Esta teoría humorista prevaleció hasta el siglo XIX, cuando aún se realizaban las dolorosas sangrías para restablecer el equilibrio de los humores en el intento por recuperar la salud.

Sin embargo, el sistema galénico, inspirado en la filosofía aristotélica, comenzó a resquebrajarse alrededor de la misma época en que se derrumbaba el sistema geocéntrico. Esto se debió a los estudios anatómicos de Andries van Wesel, también conocido como Andreas



Grabados de anatomía de
Andries van Wesel (siglo XVI d. de C.)



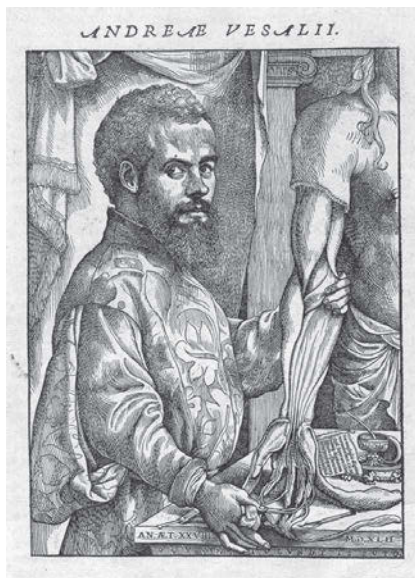
Vesalius. Similarmente a como ocurrió con el modelo ptolemaico, la clave para reemplazar una creencia arraigada durante siglos por un nuevo paradigma fue la luz de la evidencia, pues van Wesel basaba su trabajo en la observación directa de los cadáveres humanos, en franca contraposición a los prejuicios medievales.

Antes de van Wesel, la manera de enseñar cirugía y anatomía a los futuros médicos era mediante la lectura de los incuestionables escritos de Galeno, con la posterior disección de animales, realizada por un barbero. Pero van Wesel enseñaba a sus estudiantes directamente alrededor de la mesa de disección, donde yacía el cadáver humano de algún asesino que había sido ejecutado.

Sobra decir que la evidencia hallada en sus disecciones refutaba, a la vista de todos, las enseñanzas galénicas. Sin embargo, reemplazar el legado de una autoridad legendaria como la de Claudio Galeno, a pesar de la evidencia plasmada en los dibujos tan detallados de van Wesel, no fue fácil.

Algunos historiadores de la ciencia, como Thomas Kuhn, sugieren que ésa es justamente la manera como avanza el conocimiento científico, reemplazando viejos paradigmas por otros nuevos y mejores. Pero lo más interesante de este periodo renacentista es que los nuevos paradigmas se referían a la evidencia como el instrumento esencial para determinar lo que es verdadero y lo que no.

Por eso, en esta etapa de la historia suele ubicarse tanto la cuna de la ciencia moderna como la primera gran revolución del pensamiento. El cambio de paradigma impulsado por el nuevo pensamiento científico trascendió a la misma ciencia e impacto en la concepción que los seres humanos tenían acerca de su lugar en el cosmos.



Andries van Wesel
(1514 - 1564)

Quizá la cúspide de aquella época en que se profesionalizó la ciencia, podemos representarla muy bien en la persona de Isaac Newton. Aunque él no fue desde luego el primero en emplear el método científico, sí fue de los primeros en lograr construir teorías formales de largo alcance y relevancia mediante dicho método. Quizá la genialidad de Newton radica en su capacidad para reconocer los patrones en la naturaleza y abstraerlos.

Su capacidad para simplificar la complejidad de los fenómenos, de extraer sus características importantes, y posteriormente idealizarlas y matematizarlas, no tuvo igual. Su noción de que gran parte de la ciencia se refería al estudio de los cambios en la naturaleza, y que ella misma podía concebirse como compuesta de unidades discretas, que a gran

escala se perciben como un continuo, lo llevó a inventar el cálculo infinitesimal. Durante los siguientes siglos, dicho desarrollo matemático sería ampliado y perfeccionado, para derivar en el cálculo diferencial e integral, que se enseña en la educación media y superior.

Pongamos como ejemplo las ideas que forman el corazón de la teoría de la mecánica newtoniana. Desde luego, él conocía los trabajos de Galileo, quien fue pionero en proponer modelos matemáticos acerca del movimiento. Pero Newton se preocupó no sólo por entender el movimiento en sí (la cinemática), sino que también estaba interesado en sus causas (la dinámica), y en cómo éstas podían afectar las características del movimiento.

Fue una labor titánica. Simplemente, miremos a nuestro alrededor y reflexionemos sobre todas aquellas cosas de la vida cotidiana que “se mueven”, y tratemos de imaginar cómo formular una teoría que las explique todas. Pensemos en el movimiento de los automóviles en una calle, en el vuelo de un ave, en la agitación de un árbol debida al viento, en el flujo del agua en un río, en el de un balón de soccer en un tiro libre, y en el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, o de ésta alrededor del Sol...

Afortunadamente, como aquí se ha mencionado repetidas veces, el cerebro humano funciona como una máquina capaz de reconocer patrones. Y el patrón característico de todos estos fenómenos nos permite definir que algo está en “movimiento”, cuando cambia de lugar en el tiempo. La idea más simple posible que resulta de la observación, nos permite ya acercarnos a una definición. Luego, si queremos trabajar con un lenguaje común

que nos permita abstraer la idea del movimiento, a la vez que facilite su comunicación y comprensión a otras personas, recurrimos a las matemáticas. O, más específicamente, a la geometría.

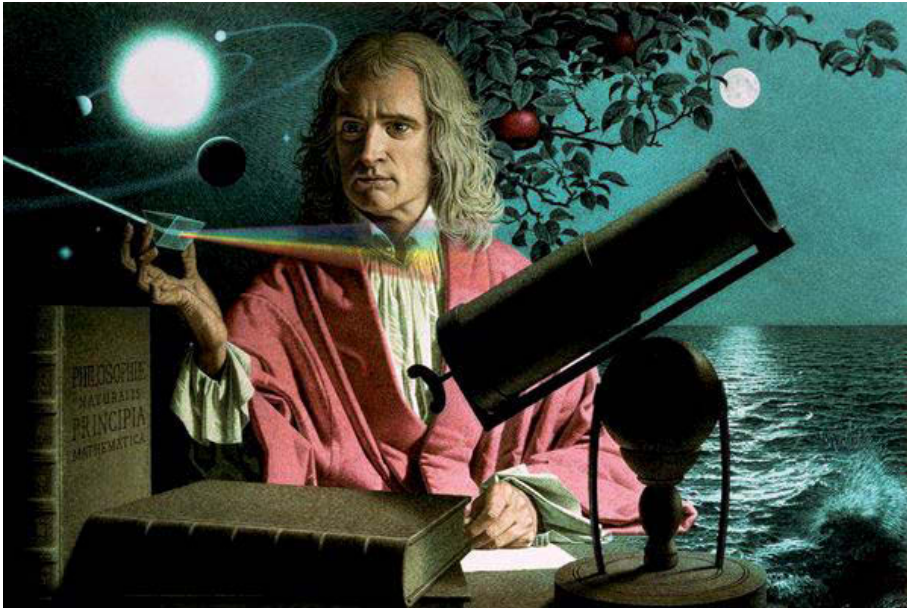
El caso más simple de movimiento es el de un objeto, un “cuerpo”, que se mueve en línea recta; es decir, en una sola dimensión. Esto parecería a primera vista una restricción sobre la variedad de movimientos que podemos aspirar a describir; sin embargo, facilita sobremanera el análisis y permite, mediante métodos deductivos, extender la descripción del movimiento a un mayor número de dimensiones.

Si pensamos en los ejemplos mencionados anteriormente, nos quedaríamos con el caso de un automóvil que viaja en una calle recta; con el vuelo de un ave que hace lo propio en línea recta, por ejemplo. Pero, además, estos movimientos presentan diferencias entre sí, y podríamos imaginar muchas otras complicaciones. ¿Qué tal si el vehículo frena y acelera súbitamente sin salirse de su trayectoria rectilínea? Nuevamente se requieren abstracciones que simplifiquen la realidad.

Ello se consigue imaginando primero que los cuerpos son partículas puntuales, de modo que se simplifica el análisis al dejar de lado movimientos rotacionales para otro momento. Además, se ve la necesidad de considerar cuándo el movimiento rectilíneo parte del reposo (como la piedra que cae), o cuándo experimenta cambios en la misma dirección (como el vehículo que frena y se acelera durante su trayectoria recta, e inclusive podría echarse en reversa).

Aunque algunos de estos casos ya los había descrito Galileo, fue Newton quien pudo resolver el problema al incorporar una idea filosófica poderosísima a su teoría del movimiento. A saber: que todo efecto tiene una causa, o bien,





Isaac Newton
(1642 - 1727)

que a toda causa, corresponde un efecto observable. Este principio de “causalidad” entiende los efectos como cambios de estado.

En el caso del movimiento, un cambio en su estado (como un cambio de velocidad, de dirección, o de sentido) debía tener su explicación en alguna causa. Reflexionando sobre las posibles causas, Newton introdujo la idea de *Fuerza* como el agente que causa los cambios en el estado de movimiento de los cuerpos. En otras palabras, las fuerzas son las causas que producen los efectos observables del movimiento.

Para poder extender el concepto de causalidad en el movimiento, y ponerlo en términos matemáticos, Newton definió además el concepto de *inercia* como aquella propiedad que tienen los cuerpos de resistirse a cambiar su estado de movimiento. La inercia se mide a través de la masa, de modo que tratar de mover desde el reposo un cuerpo de mayor masa implica la necesidad de vencer una mayor inercia.

Luego, introdujo un nuevo concepto, denominado *momentum*, que sirve para cuantificar el movimiento. Éste está definido como el producto de la inercia de un cuerpo (su masa) por su velocidad (el cambio de posición en el tiempo). De este modo, el momentum define el estado de movimiento de un cuerpo que posee una determinada inercia. Así, un objeto, como una taza de café, apoyada sobre el escritorio de un oficinista, tendrá un momentum cero, pues, aunque tiene una cierta masa, su velocidad con respecto al oficinista que la observa es cero. Es decir, el momentum permite definir el estado de reposo en términos matemáticos que evitan la ambigüedad del lenguaje común. El reposo es ahora el estado de movimiento de valor cero o, en otras palabras, la ausencia de movimiento con respecto al observador del objeto.

Siguiendo el mismo criterio matemático, un automóvil y un camión que se desplacen uno al lado del otro, a una velocidad constante, sobre una calle recta, tendrán la misma velocidad, pero su cantidad de movimiento será distinta. La del camión será mayor, pues posee una mayor masa; es decir, una mayor inercia. Eso lo podríamos atestiguar fácilmente: si pidiéramos a los conductores frenar súbitamente al mismo tiempo, observaríamos cómo al camión le lleva más tiempo y distancia detenerse por completo, hasta el reposo. Ello se debe a que tiene mayor inercia y presenta mayor oposición a cambiar su estado de movimiento.

Aunque la definición del estado o cantidad de movimiento de un cuerpo a través del momentum pudiera parecer trivial, a Newton le sirvió como modelo de la realidad para poder aplicar el principio de causalidad. Si los efectos son los cambios en el estado de movimiento de un cuerpo; es decir, los cambios de su momentum con respecto al tiempo, entonces éstos deben servir como definición a sus causas.

Como se mencionó anteriormente, a estos agentes causantes de cambios en el movimiento los denominó fuerzas, y describió acerca de

ellas una serie de propiedades que habrían de revolucionar la forma de ver el mundo, desde la mecánica de lo cotidiano, hasta la mecánica celeste.

Se podría entrar en mayores detalles acerca de la teoría de la mecánica propuesta por Newton, pero para el objetivo de este capítulo, que es poner de manifiesto la importancia de entender el lenguaje de la naturaleza, vale más comentar los otros sistemas o teorías de la mecánica introducidos después de Newton.

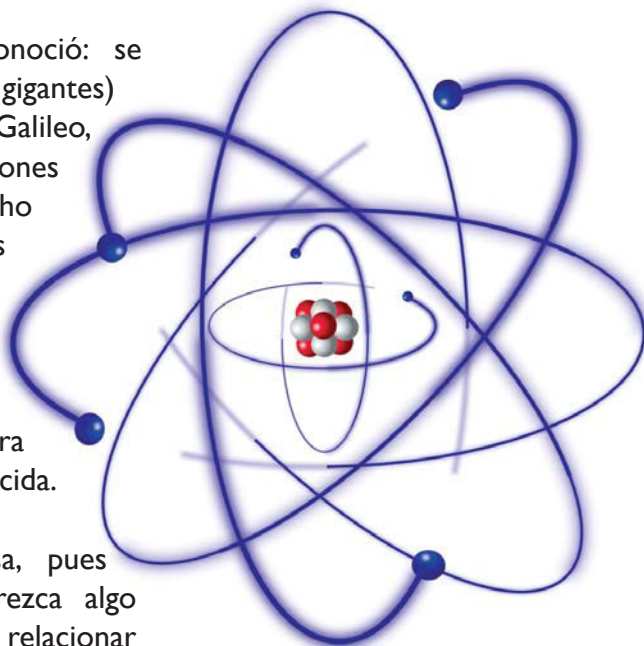
Por ejemplo, otra concepción del movimiento, que se enfoca en las restricciones del movimiento y sus grados de libertad, fue introducida por Joseph-Louis de Lagrange, aproximadamente un siglo después de Newton. Tiempo después, alrededor de otro siglo después de Lagrange, William R. Hamilton propuso otra teoría de la mecánica, donde el concepto de energía cobra mayor importancia.

En realidad, todas estas teorías de la mecánica son equivalentes, y es posible llegar a una a partir de la otra. Lo importante es que son descripciones de la realidad equivalentes, validadas mediante evidencia experimental, que, aunque utilizan el mismo lenguaje común de las matemáticas, se han formulado de tal manera que les permiten ajustarse mejor a cierto tipo de fenómenos de estudio.

Más aún, el nivel de abstracción de estas teorías permite extenderlas al estudio de fenómenos mucho más complejos que al de simples partículas en movimientos rectilíneos. La mecánica está muy desarrollada, y permite estudiar el movimiento de cuerpos rígidos, medios fluidos, sistemas de millones de partículas, partículas subatómicas, movimientos planetarios, rotacionales, caóticos, etc...

Otro caso interesante que podemos comentar acerca de las teorías como descripciones o modelos de la realidad, es el de la gravitación universal. Además de su teoría de la mecánica, Newton se basó (o

como él mismo reconoció: se paró en hombros de gigantes) en los estudios de Galileo, en las observaciones astronómicas de Tycho Brahe y en los cálculos de Johannes Kepler sobre movimientos planetarios, para proponer un modelo matemático que explicara la dinámica celeste conocida.



No fue poca cosa, pues aunque ahora nos parezca algo trivial, él fue capaz de relacionar que el agente causante de que los objetos caigan, si se les suelta desde cierta altura (o que las manzanas caigan al suelo una vez que maduran) es el mismo que mantiene a la Luna en órbita alrededor de la Tierra, y a ésta y los demás planetas en órbita alrededor del Sol. Newton propuso que debía existir una fuerza de atracción o “fuerza gravitacional”, que actuase de manera inmediata y a distancia; es decir, que atrajese a los cuerpos entre sí, sin necesidad de que estuvieran en contacto.

La mecánica se ha desarrollado a un grado de sofisticación tal que permite entender fenómenos subatómicos

Imagine por un momento que vive en el siglo XVII, y alguien propone que todos los objetos de la vida cotidiana se atraen entre sí, de la misma manera que lo hacen los astros. Suena extremadamente descabellado, y posiblemente pensaríamos que ese alguien está loco.

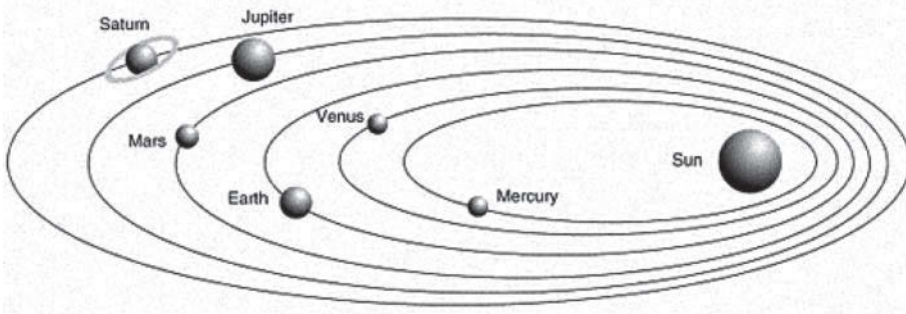
Sin embargo, Newton tuvo a su alcance las piezas clave del rompecabezas. Contaba con las observaciones astronómicas ya mencionadas; pero, además, su teoría de la mecánica, en particular la

introducción del concepto de fuerza, de aceleración y su aplicación a fenómenos rotacionales, fue fundamental para proponer una teoría de la gravitación universal.

Ésta propone que cualesquiera dos cuerpos experimentan entre sí una fuerza de atracción que aumenta de intensidad entre mayores sean sus masas (sus inercias) y menor sea la distancia que los separa. Desde luego, no es la intención aquí describir en detalle la ecuación matemática con la que Newton propuso su teoría. Sin embargo, es importante resaltar algunas características de la misma.

Primero: como cualquier teoría, es una descripción de la realidad, que mantiene su validez mientras sea respaldada por la evidencia experimental. En ese sentido, la teoría de la gravitación de Newton fue sumamente exitosa, al menos hasta principios del siglo XX, pues mediante un reducido número de ecuaciones, permitió explicar satisfactoriamente los experimentos de caída libre de Galileo y las órbitas planetarias elípticas predichas por Kepler, además de otros fenómenos, tanto del entorno terrestre, como del sistema solar.

Segundo: aunque explica muchos fenómenos que antes no se entendían, como desde por qué los objetos caen, hasta por qué se suceden las estaciones del año, se basaba en algunas suposiciones que resultaban un tanto arbitrarias. Una de estas suposiciones, la de que la



*Sistema solar con órbitas elípticas propuesto por Johannes Kepler
alrededor del año 1600*

fuerza de gravitación era “percibida” de manera instantánea entre dos cuerpos cualesquiera, resultó ser el tendón de Aquiles de la teoría.

En realidad, la limitada tecnología experimental de los siglos posteriores a Newton impidió hacer mediciones lo suficientemente precisas como para percatarse de que la fuerza de gravitación no se transmite de manera instantánea. Pero, por otro lado, la gravitación de Newton comenzó a fracturarse cuando fue incapaz de explicar algunos detalles del movimiento del planeta Mercurio alrededor del Sol, los cuales ahora se pueden detectar con los nuevos y modernos telescopios. Es muy interesante saber que el reemplazo de la teoría de Newton comenzó desde un área muy diferente, la del estudio de la transmisión de la información entre dos observadores a través de la luz.

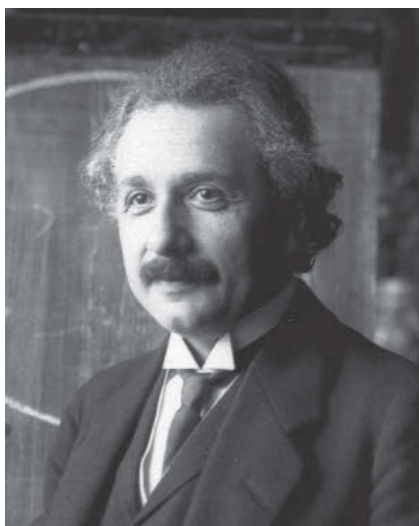
A finales del siglo XIX, las teorías de Newton estaban tan popularizadas, debido a su éxito, que se creía que todo el cosmos podría explicarse en términos mecanicistas. Sin embargo, un par de fenómenos electromagnéticos permanecían en el misterio de lo inexplicable. Aunque muchos científicos consideraban cuestión de tiempo hallar la explicación de estos “pequeños” detalles, resultó que su estudio derivó en la comprensión de las interacciones de la naturaleza que gobiernan el cosmos. No fue poca cosa, sin duda. A uno de estos fenómenos, se le conoce popularmente como la “catástrofe del ultravioleta”, y su estudio dio pie al desarrollo de la mecánica cuántica. Pero, para no alejarnos de la historia, dejaré a la curiosidad del lector indagar sobre este fenómeno.

El otro fenómeno es el hallazgo experimental de que la luz se desplaza a una velocidad constante; una velocidad increíblemente rápida, pero constante. La determinación del valor de esta velocidad fue todo un reto tecnológico, imposible de lograr en la época de Newton, aunque algunos científicos ingeniosos dieron con aproximaciones bastante buenas. El resultado que, sin embargo, sorprendió a todos, no fue la elevada rapidez de propagación de la luz, sino el hecho de

que ésta se mantiene siempre constante, independientemente de si la fuente generadora (una lámpara, una vela, el Sol, etc...) o el observador estuvieran en movimiento uno respecto del otro.

Hubo numerosos intentos por explicar este resultado. Algunos argüían que la velocidad de la luz no era constante y que los instrumentos de medición sufrían deformaciones en la dirección del movimiento, y por eso reportaban un resultado constante, pero todo ello derivaba en predicciones inconsistentes con la realidad.

Quien vino a resolver el problema fue el joven físico Albert Einstein, quien se caracterizaba por una forma de pensar poco ortodoxa, e introdujo dos postulados. El primero: que la velocidad de la luz sí es constante y que es la máxima velocidad alcanzable. El segundo fue una reformulación del principio de relatividad, ya expresado hacía varios siglos por Galileo, y establecía que la naturaleza debe ser la misma y comportarse bajo las mismas reglas para cualesquiera dos observadores que se encuentren en diferentes marcos de referencia inerciales, así éstos estén en movimiento uno respecto del otro.



Albert Einstein

Con base en estos dos postulados, Einstein formuló en 1905 su Teoría de la Relatividad Especial, que años después extendió para considerar el caso de marcos de referencia no inerciales; por ejemplo, aquéllos con movimientos rotacionales o que se encuentran en campos gravitacionales. A esta extensión o generalización de su teoría, la llamó apropiadamente Teoría de la Relatividad General.

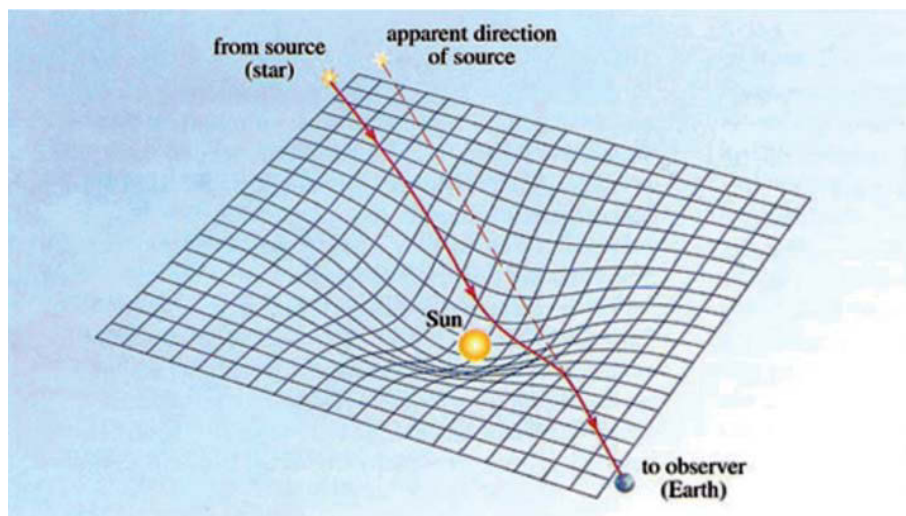
El éxito de la Teoría de la Relatividad General ha sido rotundo. No sólo revolucionó los conceptos de espacio y tiempo, al dejar de considerarlos como entes separados, y más bien considerarlos parte de una misma estructura del universo; sino que, además, cambió la forma de entender la gravitación.

En la teoría de Einstein, ya no es necesario proponer de manera arbitraria una “fuerza” que explique la atracción entre dos cuerpos. Más bien, propone que el universo se deforma ante la presencia de materia, de manera muy parecida a un colchón que se deforma cuando colocamos objetos sobre él. Siguiendo esta analogía, imagine que escogemos diversos objetos, como una bola de boliche, bolas de billar, pelotas de golf y canicas, que usaremos para representar al Sol, los planetas del sistema solar, satélites y demás. Luego las colocamos sobre el colchón y observamos las deformaciones o “abolladuras” que producen debido a su masa.

Pues bien, la Teoría de la Relatividad predice que entre mayor sea la masa de un cuerpo, mayor será la deformación que produzca en la estructura del universo, y que esta deformación es lo que se percibe como una atracción gravitacional. Evidentemente, si acercamos una bola de billar a la deformación local producida por la bola de boliche, éstas se atraerán mutuamente ¡debido a las abolladuras producidas por ambas bolas!

Más aún, la teoría de Einstein no exigía que la transmisión de la atracción gravitacional fuese instantánea, o lo que es lo mismo, de velocidad infinita, como proponía la gravitación de Newton. Ahora, la atracción entre dos cuerpos cualesquiera se percibe hasta un cierto tiempo después, debido al límite impuesto por la velocidad constante de propagación de la luz.

En un principio, la relatividad de Einstein enfrentó un enorme grado de escepticismo, debido en parte a que sus implicaciones sobre



En la Teoría de la Relatividad General, la gravedad es un efecto debido a la curvatura del espacio-tiempo que produce la presencia de materia

la naturaleza del cosmos eran muy descabelladas y contraintuitivas; pero también debido al grado de autoridad de Newton, ya no por dogmatismos o cuestiones filosóficas, como sucedió con Aristóteles, Ptolomeo o Galeno, sino por el éxito rotundo que la teoría de la mecánica y de la gravitación habían tenido durante los últimos tres siglos.

Afortunadamente, la teoría de Einstein pudo verificarse apenas unos años después de su proposición, gracias a las observaciones realizadas durante un eclipse y a que explicaba a la perfección los movimientos de Mercurio (el más cercano al tremendo pozo gravitacional creado por la presencia del Sol) y que no podían explicarse mediante la teoría de la gravitación de Newton.

Varias décadas después, con el desarrollo de la electrónica y la tecnología láser, se pudieron obtener mediciones cada vez más detalladas y comprobar que, mediante la Teoría de la Relatividad General, la dinámica celeste se explica mucho mejor que con la teoría



Los satélites artificiales modernos mantienen su órbita estable gracias a aplicaciones directas de la teoría de la Relatividad General de Einstein

de Newton, y esto aplica no sólo a escala planetaria, sino también a la escala de las galaxias y del universo entero, así como a la escala de los pequeños objetos contruidos por el ser humano y que actualmente orbitan nuestro planeta. Gracias a la teoría de Einstein, podemos contar actualmente con tecnología satelital y con otras aplicaciones cotidianas de gran utilidad, como los sistemas de posicionamiento global o GPS, por sus siglas en inglés.

Lo más interesante de este caso es, quizá, que aunque nuevamente ocurrió una revolución, donde se reemplazó un viejo y arraigado paradigma por otro, la transición no fue tan lenta y tortuosa. Atribuimos lo anterior a que la ciencia se encontraba ya en un mayor grado de madurez en el siglo XX.

Por un lado, los beneficios de sus aplicaciones se habían puesto ya de manifiesto durante la revolución industrial del siglo XIX. Pero, por el otro, su maquinaria de autocorrección ya funcionaba viento en popa desde hacía al menos un siglo y, además, aunque existían autoridades y eminencias científicas cuya opinión era siempre consultada y favorecida (hoy en día aún las hay), por principio del método científico, la palabra de ninguna autoridad tiene un poder superior al de la evidencia.

Además, se sabía bien que las teorías son sólo descripciones de la realidad y no la realidad misma. Por lo tanto, era perfectamente posible que a la luz de nuevos y/o mejores datos experimentales, las viejas teorías fueran reemplazadas por otras que pueden ir desde ampliar la precisión de las predicciones hasta revolucionar por completo la forma de ver el mundo.

Esto último fue lo que sucedió con la teoría de Einstein, y quizá por ello y por el desarrollo de la mecánica cuántica a principios del siglo XX, aunado a la extensión del darwinismo y al vertiginoso desarrollo de las ciencias de la vida, se considera a esta época como la de la más reciente revolución científica de nuestro tiempo.

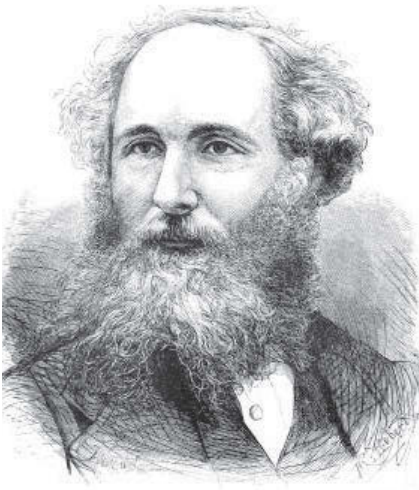
Capítulo III. La belleza está en los ojos de quien mira

“Si la naturaleza no fuera bella, no merecería ser conocida,
y si la naturaleza no mereciera ser conocida, la vida no merecería ser vivida”

Henri Poincaré

Hace mucho tiempo, había un joven escocés al que se le auguraba un futuro brillante en el campo de la física. Desde su niñez y adolescencia mostraba no sólo gran talento para el razonamiento matemático, sino además una profunda curiosidad por todos los fenómenos naturales a su alrededor. Afortunadamente para él, vivió en una época en que se empezaban a estudiar con rigor la electricidad, el magnetismo y los fenómenos relacionados con la luz.

Corrían los mediados del siglo XIX. Los científicos de aquel tiempo consideraban estos tres fenómenos como pertenecientes a clases muy distintas de comportamiento. Sin embargo, este joven, James Clerk Maxwell, quien se interesó por esos tres fenómenos, logró construir



*James Clerk Maxwell
(1831 - 1879)*

la que, después de la de Newton, sería la segunda gran teoría de unificación en la física: la Teoría Electromagnética.

Esta teoría describe de manera elegante y sencilla, mediante cuatro ecuaciones fundamentales, cómo se generan los campos eléctricos, los campos magnéticos, sus efectos sobre diversos materiales, las radiaciones resultantes de sus variaciones (como la luz), entre otros fenómenos. Aunque hoy en día la Teoría Electromagnética se presenta en una versión mas

compacta y organizada, Maxwell utilizó una serie de herramientas matemáticas diferentes a las actuales para describir el electromagnetismo. Aunque algunos argumentan que la versión original de Maxwell era más intuitiva, las herramientas que usó eran muy complejas y por ello ya no se usan para describir su teoría.

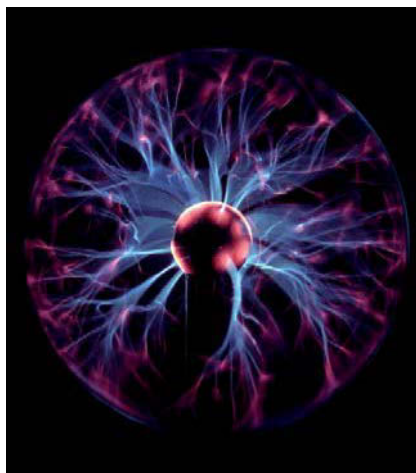
Cuenta una leyenda, que se acerca a la realidad, que la reina Victoria, gobernante del imperio británico en la época de Maxwell, compartía la misma actitud visionaria de él. Ella no sólo tenía la ambición de expandir el imperio a todos los confines del planeta, lo cual, en cierto sentido, logró durante su reinado, sino que además deseaba poder comunicarse de manera instantánea, mediante su voz e imagen, con cada una de las colonias británicas. Asimismo, deseaba poder ver lo que sucedía en ellas, desde la distancia, sin tener que estar ella presente, y sin que mediara entre ella y la colonia cable telegráfico alguno, que ya existían en aquel entonces. Ahora sabemos que aquello con lo que soñaba la reina eran la radio y la televisión, aplicaciones cotidianas y omnipresentes de nuestra época. Pero seguramente ni el mismo Maxwell se imaginaba

que tan maravillosos inventos resultarían de la aplicación directa de su teoría. De hecho, una de las predicciones más importantes de la teoría de Maxwell, la de la posibilidad de generar ondas electromagnéticas de manera controlada, no se verificó sino hasta ocho años después de su muerte, en un experimento realizado por Heinrich Hertz.

Resulta notable el hecho de que, a pesar de las dificultades que seguramente implicó desarrollar tal teoría, y sin conocer de antemano sus posibles aplicaciones, Maxwell se aventuró en dicha tarea, movido por una increíble curiosidad. Ello se debió seguramente al estímulo que significó conocer los experimentos que alrededor de la misma época iniciaron científicos como Luigi Galvani, Alessandro Volta y Benjamin Franklin, que posteriormente motivaron los estudios de André Marie Ampère, Nikola Tesla, Michael Faraday y finalmente, el propio Maxwell.

¿Cómo se inició toda esta tendencia a estudiar los fenómenos electromagnéticos? La historia nos transporta, al igual que en el capítulo anterior, a un laboratorio de disección. Pero, en esta ocasión, el hallazgo del fisiólogo Luigi Galvani, en su laboratorio, fue fortuito. Cuenta el relato que Galvani se encontraba diseccionando ranas, cuando accidentalmente tocó con su bisturí el alambre de cobre del cual colgaba el cadáver de una de ellas, ocasionando que sus patas se contrajeran y relajaran súbitamente, como si estuvieran vivas.

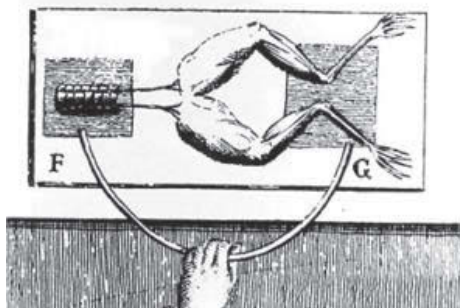
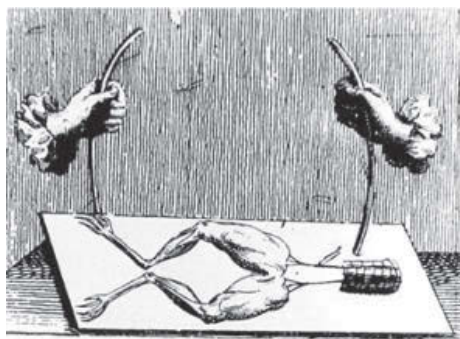
Es de suponer que su sorpresa fue mayúscula, pero una vez superado el susto, hombre curioso que era, siguió repitiendo el ensayo una y otra vez. Observó que la contracción de sus músculos



Electromagnetismo

sucedía incluso cuando la rana estaba completamente seccionada a la mitad y sólo quedaban sus ancas. Pero, más importante aún, se percató de que esta “electricidad animal”, como la llamó inicialmente, era transmitida a través de los nervios, que desde tiempos de René Descartes se pensaba que no eran más que conductos del cuerpo que servían para drenar fluidos.

Galvani se encargó de divulgar sus hallazgos, y reclutó para la futura ciencia de la electrofisiología a su compatriota Alessandro Volta, a quien debemos la invención de las primeras pilas eléctricas, gracias también a su curiosidad por los experimentos de Galvani. La idea de que la electricidad pudiera ser el agente causante de la vida se popularizó rápidamente en toda Europa.



Grabado de los experimentos de electricidad animal de Luigi Galvani

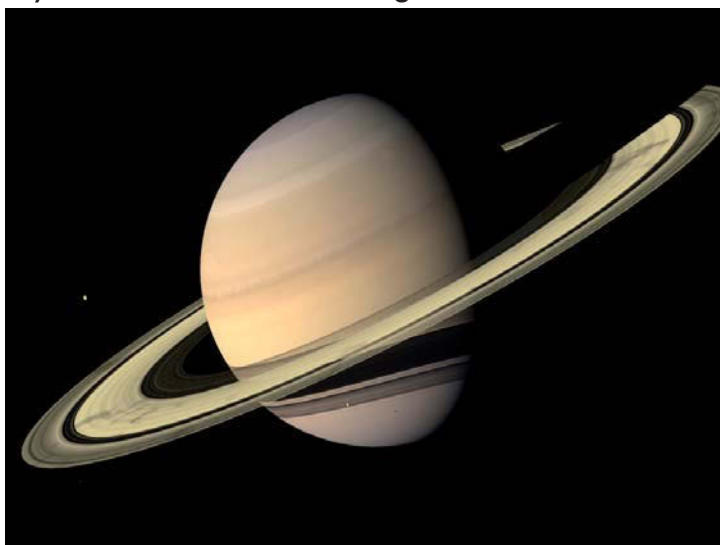
Se repitieron los experimentos en diferentes animales (no todos exitosos) e inclusive también en cadáveres humanos, a los cuales les transmitían tremendas descargas eléctricas. Sobra decir que ninguno volvió a la vida. Inclusive esta idea llegó a la literatura, como puede atestiguar en la genial historia de Mary Shelley acerca de Víctor Frankenstein, el científico que le da vida a una criatura, la cual vagará, tratando sin éxito de que alguien la entienda y acepte como ser humano.

Pero, pronto, esta idea, junto con otras que formaban parte del vitalismo, serían abandonadas

a la luz de nueva evidencia. Muchas décadas después se descubriría, sin embargo, que las células corporales sí tienen la capacidad de generar flujos eléctricos, pero son corrientes y voltajes tan pequeños, que era imposible para Galvani, Volta y sus contemporáneos, detectarlas, dada la tecnología de sus instrumentos. Lo que ellos veían en realidad, era la respuesta natural de las células nerviosas a la descarga eléctrica transmitida por la reacción química en una pila o por la carga estática de quien sostenía los electrodos que tocaban los nervios.

Sin embargo, estos experimentos bastaron para inspirar a toda una generación de científicos a buscar nuevas formas de generar electricidad de manera artificial. Otros, como Benjamin Franklin, trataron incluso de capturarla directamente de los rayos durante las tormentas. Llegó un momento en que se tenía una gran colección de experimentos de fenómenos eléctricos, magnéticos, luminosos, e inclusive algunos que sugerían posibles vínculos entre ellos.

Sin embargo, la mayoría de las descripciones eran cualitativas, hasta que llegó Maxwell a unificar estos resultados, ponerlos en términos de un lenguaje común, y explicarlos mediante una única teoría matemática. La curiosidad de Maxwell también lo llevó por otros rumbos, distintos a los de los fenómenos electromagnéticos. Entre ellos, logró demostrar que los anillos del planeta Saturno están hechos de pequeñas partículas. Además, también contribuyó a la teoría cinética de los gases, uno de los últimos bastiones que le faltaba conquistar a la teoría de la mecánica de Newton y que, irónicamente, fue la antesala de la mecánica estadística y, posteriormente, de la mecánica cuántica.



Pero, aunque buena parte de los avances más significativos de la ciencia se han iniciado por una mera curiosidad científica, hay que reconocer que otros han surgido desde la búsqueda de aplicaciones prácticas. Ello no restringe, desde luego, el que se pueda apreciar la armonía de la naturaleza en todas sus formas. Pongamos dos ejemplos para ilustrar esta idea. La primera es, quizá, uno de los ejemplos más representativos del conocimiento puro, surgido a partir de la búsqueda de las aplicaciones prácticas, pues se refiere a la historia del ingeniero militar francés Nicolas Léonard Sadi Carnot, durante la era Napoleónica.

La historia de Carnot se refiere a los estudios sobre el calor. Era una época en que las máquinas de vapor estaban todavía muy poco desarrolladas y eran ineficientes a la hora de transformar en trabajo mecánico la energía generada por la combustión del material que calentaba el agua y generaba el vapor. Existía controversia respecto a si, utilizando fluidos distintos al vapor, o bien calentando éste a mayores temperaturas, se podría lograr una mayor eficiencia de las mismas.



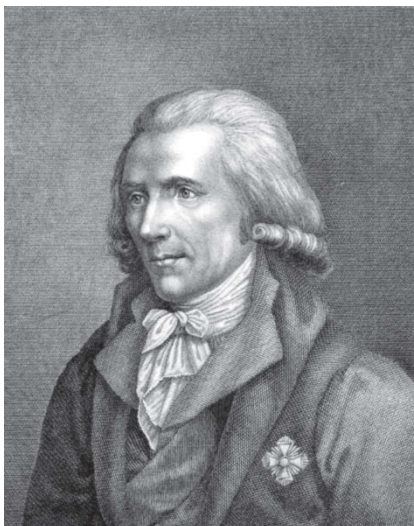
Nicolas Léonard Sadi Carnot
(1796 - 1832)

Por otra parte, durante esos mismos años, el físico anglo-americano Benjamin Thomson (conde de Rumford) estaba intrigado por el calentamiento generado durante la fabricación de los cañones de guerra, pues éstos eran fabricados a partir de una sola pieza metálica, cuyo agujero se terminaba de pulir mediante la fricción de una broca.

En aquel entonces, se pensaba que el calor era un fluido llamado *calórico*, el cual era extra ligero e invisible, y que su consumo explicaba

los cambios en la temperatura de los cuerpos. Thomson fue uno de los primeros en señalar que, a partir del trabajo mecánico, se podía generar calor, y con ello puso los primeros clavos al ataúd de la teoría del *calórico*.

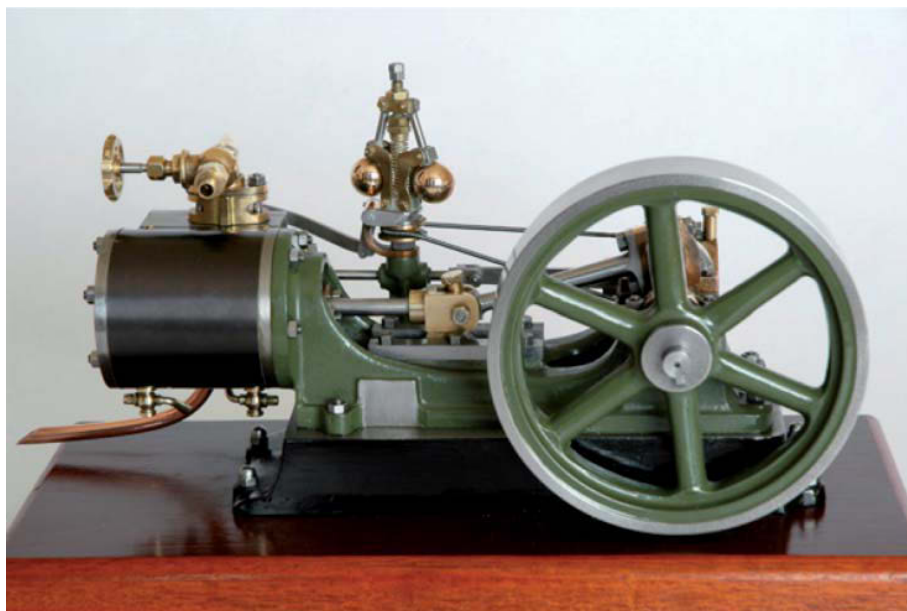
En sus investigaciones, Carnot se propuso resolver la cuestión de si, mediante el uso de fluidos distintos al vapor, y calentándolos a diferentes temperaturas, era posible aumentar la eficiencia mecánica de las máquinas de vapor. Resumió sus estudios en un tratado bastante descriptivo, casi carente de ecuaciones matemáticas, salvo algunas bastante sencillas donde, inspirado en el estudio de las máquinas de vapor existentes, logró idealizar y generalizar el concepto de una *máquina termodinámica*.



Benjamin Thomson

De paso, propuso que el trabajo mecánico desarrollado por una máquina de vapor no se debía al consumo de una sustancia como el calórico sino que, en todo caso, se debía al flujo de éste de los cuerpos calientes a los cuerpos fríos. Estas idealizaciones fueron clave para entender los fenómenos del calor y cómo éste puede transformarse en trabajo mecánico y viceversa. Su aportación fue tan prolífica, que ahora se le conoce como *máquina de Carnot* a aquella que, idealmente, es capaz de funcionar con la máxima eficiencia posible.





Máquina de vapor que convierte la energía calorífica en trabajo mecánico

A Sadi Carnot, por otro lado, se le considera el padre de la termodinámica, una ciencia que tuvo origen fenomenológico, basado en la observación y las aplicaciones, y que hoy en día se reconoce como la más universal de las ciencias físicas. Muchos años después de su prematura muerte, a los 36 años, los trabajos de Carnot fueron reivindicados por Émile Clapeyron, Rudolf Clausius y William Thomson (Lord Kelvin), quienes, con base en los trabajos de Carnot, establecieron los principios fundacionales de la termodinámica.

Suele decirse que las “ciencias aplicadas” no existen; en cambio, lo que realmente hay, son “aplicaciones de la ciencia” que se traducen en tecnología. Pero, aunque es indudable que a muchos niños y jóvenes les resultan bastante estimulantes las aplicaciones, si la curiosidad científica llegara hasta ahí, no se daría el progreso de conocimientos y, por ende, de la tecnología que tenemos en la actualidad.

Tomemos como ejemplo de lo anterior el caso de Louis Pasteur. Él obtuvo su grado en Letras y Ciencias Matemáticas antes de ser profesor de física por breve tiempo, en el Liceo Dijon; posteriormente, se estableció como profesor de química en la Universidad de Estrasburgo, y realizó importantes contribuciones a la química.

Sin embargo, es mejor recordado por sus aportaciones a la microbiología. Irónicamente, tales aportaciones iniciaron a partir de una necesidad de la industria vinícola, pues hasta ese entonces se ignoraba por qué algunos depósitos donde se guardaba el vino joven no maduraban de manera apropiada, sino que fermentaban y se echaban a perder.

De manera paralela, se habían popularizado las teorías vitalistas, que proponían que la vida podía surgir mediante generación espontánea a partir de materia inanimada. Pasteur abordó ambas cuestiones mediante experimentos muy ingeniosos, que fueron realizados con estricto apego al método científico.

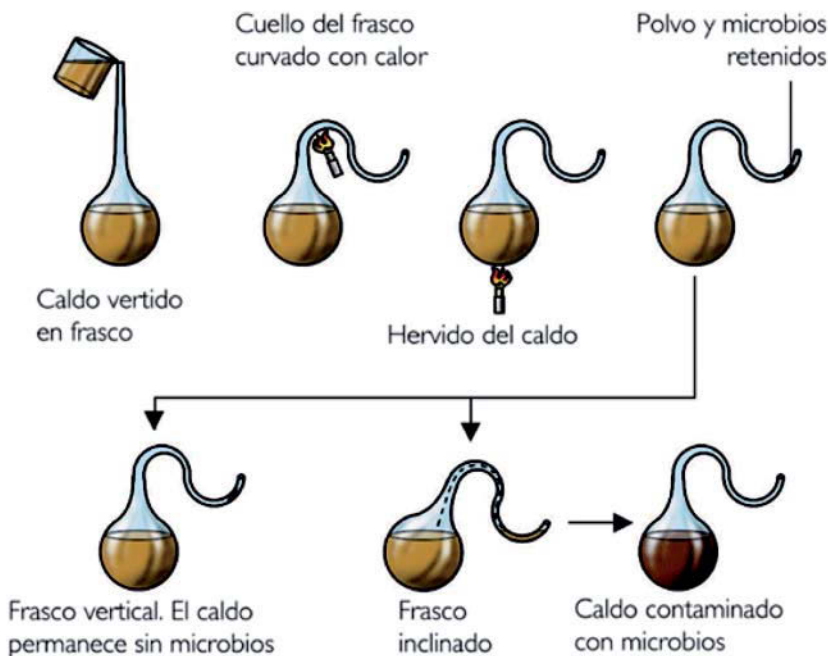
Para resolver el problema, colocó caldos con diferentes sustancias ricas en azúcares y proteínas en diferentes recipientes. Los caldos fueron hervidos en los recipientes para matar cualquier tipo de forma de vida preexistente. Algunos de ellos contaban con un filtro para impedir el ingreso de partículas de polvo desde el medio ambiente, otros estaban abiertos y algunos otros estaban también abiertos, pero comunicados con el exterior a través de un tortuoso tubo que impedía la contaminación del caldo



Louis Pasteur

por el polvo flotante en el exterior. A estos recipientes especiales se les conoce hoy como matraces de cuello de cisne.

Pasteur encontró que únicamente el caldo de los recipientes expuestos a la entrada de polvo era el que fermentaba, mientras que los demás, incluso el recipiente abierto pero cuya entrada tenía forma de cuello de cisne, permanecían estériles. Pasteur concluyó que la descomposición de los caldos, así como la fermentación indeseada de la cerveza, el vino, la leche y otros productos, se debía a la presencia de microorganismos provenientes del polvo contenido en el medio ambiente. La solución tecnológica a este problema la conocemos hoy en día como proceso de pasteurización.



Representación básica de los experimentos de Pasteur que apoyaron su teoría de los gérmenes

Pero, además, la curiosidad de Pasteur no terminó ahí. Su hallazgo le dio pistas acerca de la teoría de los gérmenes como los agentes causantes de algunas enfermedades al infectar a sus hospederos animales y humanos. Tales hallazgos, a su vez, llevaron a Joseph Lister a desarrollar métodos antisépticos durante las cirugías, pues, hay que decirlo, en aquel entonces los cirujanos, parteras y médicos en general ni siquiera se lavaban las manos antes de tratar heridas abiertas, ¡pues no sabían que era necesario!

El saldo de muertes por infección tras las numerosas amputaciones realizadas en conflictos armados, como el de la guerra civil estadounidense, hubiera sido dramáticamente inferior a lo que fue realmente, si se hubieran aplicado las apropiadas medidas antisépticas.

Así como las medidas de higiene mejoraron notablemente la esperanza y calidad de vida de los seres humanos hacia el final de la Edad Media, el desarrollo de los métodos antisépticos, y posteriormente de los antibióticos y las vacunas, todos ellos derivados de los trabajos de Pasteur y sus contemporáneos, cambiaron el destino de la humanidad. Y aunque surgieron gracias al deseo de un grupo de industriales por mejorar su producción vinícola, sin la curiosidad de Pasteur no sería lo que es el día de hoy.



Posteriormente, la teoría de la infección por gérmenes cosecharía otro éxito a través de una aplicación práctica, pues Pasteur resolvió otro problema que tenían los industriales de la seda, que ignoraban que un microorganismo estaba enfermando los huevecillos del gusano de la seda y, por ende, mermando la producción.

Años después, el interés de Pasteur por continuar su investigación sobre los gérmenes microbianos como causantes de enfermedades lo llevó a experimentar con pollos a los que infectaba con la bacteria del cólera. Fue en esa ocasión cuando acuñó la que es probablemente su frase más citada: “en el campo de la observación, el azar favorece a la mente preparada”.

Ello se debió a que, en cierta ocasión, infectó a un pollo con un cultivo bacteriano que accidentalmente se había arruinado. Sucedió que el pollo se enfermó moderadamente pero sobrevivió a la infección;



Cultivo Bacteriano

sin embargo, al tratar de infectarlo de nuevo con un cultivo bacteriano activo, el pollo ya no se enfermó. Pasteur intuyó que los pollos infectados que se habían recuperado se habían vuelto resistentes a la enfermedad. Había descubierto los principios de la inmunidad, y hacia 1870 desarrolló la primera vacuna contra el bacilo del ántrax.

Aunque la primera vacuna, la de la viruela, había sido inventada por Edward Jenner, casi cien años antes, la teoría de los gérmenes como agentes causantes de enfermedades, que propuso Pasteur, permitió fabricarlas de manera extensa y

para diferentes tipos de microorganismos patógenos. Esto le permitió, por ejemplo, perfeccionar la vacuna contra la rabia, inventada por su compatriota Emile Roux, y usarla por primera vez en un ser humano en 1885, para salvarle la vida a un niño de nueve años que había sido mordido por un perro infectado.

La historia de Pasteur debería ser un ejemplo suficiente para poner de manifiesto la importancia de la curiosidad científica. Y, más aún, la importancia de que las naciones implementen políticas públicas a largo plazo; es decir, con visión de Estado, diseñadas para estimular dicha curiosidad, sin esperar la retribución inmediata de las aplicaciones.

Las aplicaciones de la ciencia están garantizadas. No es necesario tener fe en la ciencia, pues ésta no se basa en dogmas; pero sí es necesario ver los hechos y aprender de la historia de las revoluciones científicas, para entender su importancia para la supervivencia de un pueblo, de una nación y de la humanidad en su totalidad.

Como ejemplo, podemos recordar que, durante la primera mitad del siglo XX, un puñado de naciones hicieron una gran inversión en la investigación de quienes, en aquel entonces, desarrollaban los fundamentos teóricos de la mecánica cuántica. Era una teoría tan abstrusa y compleja, que no hay exageración en decir que sólo unos pocos individuos en el mundo la entendían o sospechaban para qué serviría.

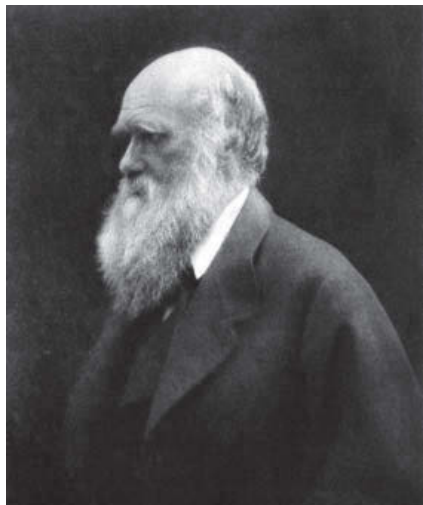
Esas naciones, independientemente de cómo quedaron posicionadas tras el conflicto de la Segunda Guerra Mundial, hoy son potencias industriales y económicas. De hecho, se calcula que aproximadamente la tercera parte del Producto Interno Bruto (PIB) de los países desarrollados se debe a aplicaciones tecnológicas derivadas de la mecánica cuántica.

Hablamos de toda clase de aplicaciones electrónicas, láseres, telecomunicaciones, computadoras, diagnóstico médico por imagen,

telefonía celular, materiales sofisticados, nuevas fuentes de energía, nanotecnología, etc... Todas ellas requirieron de la aplicación de la mecánica cuántica para comprender y aplicar los principios en que se basa su tecnología.

¿Cómo lograr cambiar el rumbo de naciones que no invierten en ciencia? Naciones que son dependientes de la tecnología y conocimiento desarrollado en otras partes, que tienen líderes incapaces de reparar en la importancia de la inversión fuerte, tanto en ciencia pura como en la dirigida a las aplicaciones. Aquí proponemos que tal cambio sólo podrá lograrse cuando, dentro de la misma cultura de un pueblo, se reconozca la importancia de la curiosidad científica, desarrollada de manera natural durante la infancia, y que nuestros sistemas educativos tradicionalistas pareciera se esfuercen por extinguir, a veces de manera consciente.

Permítaseme, por último, citar un último ejemplo de quien, junto con Newton, Maxwell y Einstein, inició una de las mayores revoluciones científicas de todos los tiempos, gracias a sus teorías unificadoras. Sus logros no hubieran sido posibles de no ser por su gran capacidad



Charles Darwin

de observación, desarrollada a partir de una gran curiosidad, que lo impulsó durante toda su vida, tan sólo por el noble motivo de apreciar la belleza del mundo a su alrededor. Se trata del naturalista inglés Charles Darwin.

La idea de la evolución de las especies ya existía antes de la época de Charles Darwin, pero la evidencia que la respaldaba era insuficiente, dispersa y no existía un marco teórico que la unificara. Además, existía un bloqueo

sistemático hacia las nuevas ideas que contravinieran las enseñanzas judeocristianas acerca de que los seres vivos existían tal y como Dios los había creado en un principio.

Por otro lado, aunque muchos aceptaban tácitamente la evolución, había discrepancia sobre la manera en que ésta ocurría, ya que la evidencia fósil y geológica era extremadamente escasa y confusa. Por aquel entonces, el joven Charles Darwin abandonaba sus estudios de medicina en Edimburgo, en parte impresionado por lo terribles que eran las intervenciones quirúrgicas en una época en que la anestesia (y los antisépticos, como ya se dijo antes) no se inventaba aún, pero también por su creciente interés por la biología marina y la diversidad de organismos que continuamente se descubrían gracias a la exploración de las nuevas colonias británicas alrededor del mundo.

Esta curiosidad incipiente y el espíritu aventurero del joven Darwin lo llevaron a embarcarse en el HMS Beagle, en un viaje alrededor del planeta que duró cinco años. Darwin tenía la intención tanto de recolectar evidencia fósil como de hacer observaciones detalladas acerca de las especies halladas en los diferentes ecosistemas que visitaría, y así lo hizo.

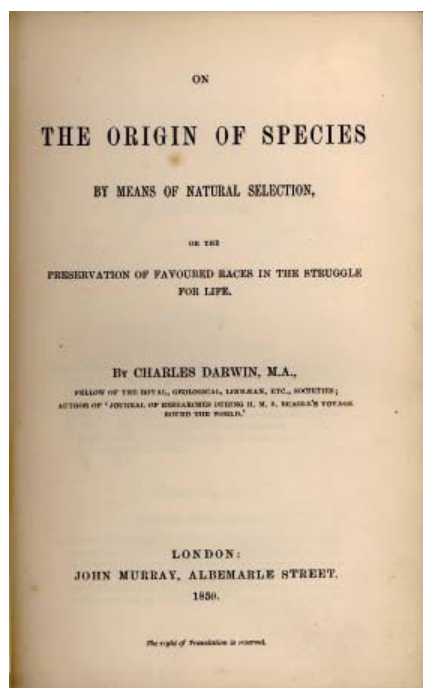
Pero, además, un hecho poco conocido y que fue clave para que durante esos años desarrollara su teoría, fue que, antes de embarcarse, el capitán del barco le regaló un ejemplar de la obra recién publicada del escocés Charles Lyell, ahora reconocido como el padre de la geología y quien al regreso de Darwin a Inglaterra en 1836, se



convertiría en un amigo cercano. La idea central de Lyell que inspiró a Darwin fue que el cambio geológico se daba a través de la acumulación constante de minúsculos cambios a lo largo de enormes lapsos de tiempo, misma que aprovechó para su teoría de la selección natural.

Darwin no solo descubrió nuevas especies desconocidas, sino que aportó evidencia de los vínculos entre especies que habían quedado separadas geográficamente a través del tiempo, debido a los movimientos geológicos. De hecho, sus observaciones soportaron la idea de la deriva continental, en particular respecto al desplazamiento este-oeste de sudamérica.

Pero, lo más sobresaliente de su trabajo se refiere a la idea de que nuevas especies surgen y otras se extinguen continuamente, debido



*El origen de las especies
de Charles Darwin*

a que la vida evoluciona mediante el mecanismo de selección natural, que implica que aquellos individuos mejor adaptados para sobrevivir a su entorno dejan descendencia y heredan sus caracteres ventajosos a su progenie. Darwin suministró numerosas evidencias de este mecanismo en su obra sobre *El Origen de las Especies*, publicada en 1859, un año después de enterarse de que su compatriota Alfred Wallace trabajaba en una idea idéntica. El éxito de su obra fue rotundo, y develaba una enorme capacidad de observación, así como una gran intuición a la hora de seleccionar los casos de ejemplo para ilustrar la selección natural en curso.

Años después, Darwin publicó la obra sobre *El Origen del Hombre*, en donde introdujo un segundo mecanismo impulsor de la evolución: el de la selección sexual. Es interesante notar cómo las teorías acerca de la evolución, hasta antes de la primera mitad del siglo XX, carecen de cualquier tipo de ecuación o descripción matemática. Sin embargo, se apegan al método científico de tal forma, que constituyen la piedra angular de la biología moderna, pues todas sus ramas actuales, llámese genética, bioquímica, bioinformática, biología de sistemas, ecología, dinámica de poblaciones, etc... son examinadas a la luz de la evolución.



Dibujo a mano alzada que Charles Darwin incluyó en su obra para ilustrar su idea del origen de las especies

¿Qué nos enseñan las décadas recientes acerca del desarrollo de la ciencia originado a partir de la curiosidad científica? Desafortunadamente, no todas las historias son alentadoras. El vertiginoso desarrollo de la tecnología, que puede atestiguar a través de novedosos productos y servicios, paradójicamente, dificulta darse cuenta de la impresionante investigación científica que la respalda.

La generación que actualmente vive su adolescencia, edad en que usualmente se definen las vocaciones, nació y creció en un mundo donde ya existía el computador, la telefonía celular, las pantallas planas, las pantallas táctiles, el internet de alta velocidad, que permite la comunicación global instantánea; dispositivos de almacenamiento de memoria basados en nanotecnología; anticonceptivos de tercera



generación; videojuegos de realidad virtual y gadgets de realidad extendida, etc...

Es sumamente difícil percatarse del trasfondo de ciencia básica detrás de todas estas aplicaciones, dado que su aparición, desarrollo y reemplazo por tecnologías más avanzadas, impulsados por la demanda del mercado, ocurre a mayor velocidad que la capacidad de los educadores (criados en otra generación) para mantenerse al día y transmitir dichos conocimientos.

Parecería una tarea imposible enseñarles a las nuevas generaciones cómo se vinculan las ecuaciones de Maxwell con la radio, la televisión, las pantallas de plasma y las hoy populares (mañana quién sabe) tablets portátiles. A menos que opten por una carrera científica, digamos, relacionada con la biología, jamás entenderán la relación estrecha entre el viaje de Darwin a bordo del HMS Beagle, y los experimentos de los últimos cinco años en cuanto a la utilización de células madre, como terapia para enfermedades congénitas.

De nuevo, como antes, se necesita un cambio de paradigma, una revolución no sólo de la ciencia, sino también del

método mediante el cual el ser humano genera y se empapa de nuevo conocimiento. El aprovechamiento de las nuevas tecnologías está al alcance y hay notorios intentos para apoyar la tarea de educar a la nueva generación a través de bibliotecas virtuales, teleconferencias, acervos bibliográficos de libros digitalizados, motores de búsqueda en internet sofisticados y especializados en temas científicos, por ejemplo.

Sin embargo, la eficacia de todas estas herramientas está limitada por el mismo factor que aquel viejo libro, de pasta dura, arrumbado en esas ahora escasas bibliotecas que ocupan edificios enormes. Ese factor es la curiosidad de quien va por una escalera, para alcanzar ese viejo libro, o de quien usa internet menos con fines de entretenimiento y más con auténtica sed de conocimiento.

Las bibliotecas no van al lector, de la misma manera que las páginas web no visitan al usuario. El proceso ocurre a la inversa. Es ahí donde los educadores tienen la oportunidad crucial no sólo de transmitir un nuevo conocimiento, sino de enseñar a aprender un nuevo conocimiento. Y esto sólo podrá realizarse si el conocimiento se da a desear, si se le muestra al aprendiz su belleza intrínseca, si se vuelve para él algo tan interesante, que le resulte agobiante quedarse en la oscuridad de la ignorancia.

La tarea, pues, es enseñar a apreciar la belleza del mundo que nos rodea. Tal y como se apreciaba una obra de arte, una pieza musical



que se disfruta y se anhela reproducir mediante un instrumento musical. La historia nos enseña que incluso en las etapas más oscuras de la humanidad, esto es posible. Los años del Renacimiento fueron una época plagada de pandemias, violencia y corrupción; pero, en medio de todo eso, surgieron Miguel Ángel, Leonardo da Vinci, Erasmo de Rotterdam, además de los primeros científicos profesionales mencionados anteriormente.

Somos afortunados de que la naturaleza ya goce de una belleza intrínseca. La tarea que nos compromete con la siguiente generación es la de abrirles los ojos a ese cosmos. Se ha manejado a lo largo de este pequeño libro, que la naturaleza nos resulta bella, porque podemos reconocer en el orden de las cosas su valor estético. En las simetrías que emergen del caos, en revelar los misterios del cosmos, es ahí donde la ciencia y las matemáticas se vuelven más que un instrumento para contemplar la naturaleza, mucho más que una herramienta para entenderla. Son, de acuerdo con el título de este capítulo... “los ojos de quien mira.”

Uno de los problemas que enfrentamos en la actualidad, especialmente en las naciones en vías de desarrollo, como la nuestra, es el de un desinterés generalizado por la profesión científica. Paradójicamente, aunque según las encuestas la mayoría de la gente reconoce el valor de la ciencia para la supervivencia de un pueblo, existe una aversión juvenil hacia las carreras relacionadas con ciencia y matemáticas.

Si observamos a nuestros niños con atención, podemos percibir en ellos una curiosidad natural por el entorno. Su personalidad curiosa e inquisitiva los convierte, como diría alguna vez Carl Sagan, en científicos natos. Mientras crecemos, esa curiosidad, a veces se desatiende, a veces se desvanece durante el proceso de maduración, mientras vamos perdiendo la capacidad de asombro al ir dejando atrás la infancia. A pesar de ello, no podemos negar que nuestra especie está poseída por una curiosidad natural. El niño, el joven, y a veces el adulto, ignoran que



La curiosidad por lo desconocido es innata en todos los seres humanos

la ciencia es una fuerza de cambio social; pero eso no impide que sean susceptibles de maravillarse, por ejemplo, con los fenómenos exóticos del electromagnetismo, la termodinámica o la biología. Y más ahora que, como ocurría hace 150 años, en los albores de la Revolución Industrial, el avance vertiginoso de la tecnología nos permite observar y manipular aplicaciones sofisticadas de la ciencia.

Tratar de incentivar el interés por la ciencia en la juventud debería ser hoy una tarea más sencilla que hace cien años. Justo ahora que, además del entorno natural, convivimos con un entorno tecnológico, de comunicaciones y de información global en tiempo real. Falla, quizá, el desconocimiento de que todas estas cosas no estaban ahí en principio, sino que debemos su presencia a la curiosidad de algunos hombres y mujeres que tal vez jamás imaginaron el uso potencial de sus descubrimientos.

Falla, quizá, conocer la historia de la ciencia y racionalizar que un motor de avance científico más poderoso que la búsqueda de la aplicación, del invento, del dispositivo, es esa tan sencilla y humana curiosidad por la naturaleza, esa apreciación de la belleza del mundo natural, tan sólo por el placer que produce contemplarla; esa sensibilidad casi artística, estimulada, cultivada y finalmente transformada en una pasión descomunal, es el rasgo que compartan todos los personajes transformadores de la ciencia que podemos hallar en la historia.

Valorar la importancia de la ciencia para la supervivencia de un pueblo, aunque de vital relevancia, no debería ser el único pilar para estimular a la juventud. Nada como el placer del descubrimiento, de la contemplación de lo bello, sabiendo que su comprensión está a nuestro alcance, para prendarnos de la ciencia, aunque ello no derive necesariamente en la elección de una profesión científica. Sólo así podremos llegar a tener una auténtica conciencia planetaria que garantice la supervivencia de nuestra especie.



Acerca del autor

Eder Zavala López

Es licenciado en Física por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Tiene una Maestría en Ingeniería y Física Biomédicas y Doctorado en Biomedicina Molecular, por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN.

Durante sus estudios de posgrado fue becario del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Se ha desempeñado como instructor de laboratorio en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la UANL. Su adscripción actual está en el Okinawa Institute of Science and Technology, en Japón, donde realiza su posdoctorado en la Unidad de Biología de Sistemas Integrativa.

Sus intereses de investigación se refieren al área de la Biología de Sistemas, con especial atención en el uso de modelos matemáticos para entender las diversas funciones de los seres vivos. En particular, ha estudiado la red de regulación genética que controla la segmentación embrionaria en vertebrados. Ha presentado su trabajo en diversas estancias y congresos en México y el extranjero.

Naturaleza, esa belleza exótica poco valorada, de Eder Zavala se terminó de imprimir en el 2013, en los talleres de Serna Impresos S.A. de C.V. El cuidado de la edición y el diseño estuvieron a cargo de José Jesús de León Rodríguez, el diseño de portada estuvo a cargo de Javier Estrada Ceja. El tiraje de esta edición consta de 2000 ejemplares.

LA CIENCIA A TU ALCANCE

Con el propósito de presentar al público en general,
de forma clara, atractiva, precisa y responsable,
el conocimiento científico y tecnológico, no sólo desde
el punto de vista teórico, sino también su historia,
los más recientes descubrimientos, la comprensión de
los avances tecnológicos y la relevancia
que tienen en la vida diaria,
la Universidad Autónoma de Nuevo León
inicia esta colección:
LA CIENCIA A TU ALCANCE.

ISBN 978-607-433-992-5



9 786074 339925

